

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“ \_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

на здобуття ступеня «бакалавр»

**Напрямок підготовки:** 6.050503 – Машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу

**на тему:** Модернізація другого гарячого пресу папероробної машини

**Виконала** студентка 4 курсу, групи ЛБ-51

Пінчук Юлія Анатоліївна

**Керівник проекту**

проф., канд. техн. наук Марчевський В. М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

**Консультанти:**

з охорони праці

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

з економіки

асистент Гробовенко Я. В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_ Ю. А. Пінчук

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 6.050503 – Машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання лісового комплексу

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“ \_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студентці**

Пінчук Юлії Анатоліївни

**1. Тема проекту:** Модернізація другого гарячого пресу папероробної машини.

Керівник проекту кандидат технічних наук, професор Марчевський Віктор Миколайович

Затверджена наказом по університету від “ \_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом проекту:** 1 червня 2019р.

**3. Вихідні дані до проекту:** Швидкість 1240 м/хв; сировина – целюлоза; ширина паперу – 4,25 м; маса паперу – 29 г/м<sup>2</sup>; початкова сухість паперу – 50 %; кінцева сухість паперу – 56 %; лінійний тиск – 100 кН/м.

**4. Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: розглянути існуючі конструкції пресів, обґрунтувати вибір конструкції пресу; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції пресу;

виконати складальний кресленник модернізації другого гарячого пресу та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації пресу; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності пресу до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації пресу;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації пресу;

г) економічна частина: обґрунтувати модернізацію пресу та оцінити її ефективність.

### **5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових**

**креслеників, плакатів, презентацій тощо):** модернізація другого гарячого пресу папероробної машини – А0; установка другого гарячого пресу – А1; установка валу гарячого пресу – А1; вал гарячого пресу – А1.

### **6. Консультанти розділів проекту:**

| Розділ        | Прізвище,<br>ініціали та посада<br>консультанта | Підпис, дата      |                     |
|---------------|---|-------------------|---------------------|
|               |   | завдання<br>видав | завдання<br>прийняв |
| Охорона праці | Ковтун І. М.                                    |                   |                     |
| Економіка     | Гробовенко Я. В.                                |                   |                     |

**7. Дата видачі завдання:** 15 квітня 2019 р.

## РЕФЕРАТ

УДК 676.056.73

Розроблений дипломний проект на тему: «Модернізація другого гарячого пресу папероробної машини» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник: Марчевський В.М. – К., 2019. –95 с.: іл. – Викон. Пінчук Ю. А.– Бібліогр.: с. 70.

Пояснювальна записка складається зі вступу, семи розділів, висновків і списку посилань з 22 найменувань. Загальний обсяг записки становить 119 сторінок основного тексту, 16 рисунків, 8 таблиць.

Мета даного проекту полягає в розробці системи охолодження вала гарячого пресу, яка збільшить термін експлуатації гумованого валу і підвищить інтенсивність процесу пресування.

Записка містить опис принципово нового процесу охолодження шляхом випаровування, вибір та обґрунтування вибраної конструкції пресової частини ПРМ, технічну характеристику, принцип дії основних складових частин, що проектуються і їх складальних одиниць та деталей, обґрунтовано вибір матеріалів, порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами, відомості про використані винаходи і патентну чистоту. Виконано розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції, розроблено креслення модернізованого гарячого пресу папероробної машини та визначено очікувані техніко-економічні показники від впровадження модернізації. Зазначена модернізація може бути рекомендована для впровадження у виробництво. Визначено рівень стандартизації та уніфікації.

ПАПЕРОРОБНА МАШИНА, ПРЕСОВА ЧАСТИНА, ГАРЯЧИЙ ПРЕС,  
ВАЛ ГАРЯЧОГО ПРЕСУ.

## РЕФЕРАТ

УДК 676.056.73

Разработан дипломный проект на тему «Модернизация второго горячего пресса бумагоделательной машины» /НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорського»; Руководитель: Марчевский В.Н. - К., 2019. – 119 с.: Ил. - Выполн. Пинчук Ю. А.- Библиогр.: с. 95.

Пояснительная записка состоит из вступления, восьми разделов, выводов и списка ссылок из 22 наименований. Общий объем записки представляет 95 страницу основного текста, 16 рисунков, 8 таблиц.

Цель данного проекта заключается в разработке системы охлаждения вала горячего пресса, которая увеличит срок эксплуатации гуммированного вала и повысит интенсивность процесса прессования.

Записка содержит описание принципиально нового процесса охлаждения путем испарения, выбор и обоснование компоновки прессовой части, техническую характеристику, принцип действия основных составных частей, которые проектируются и их сборочных единиц и деталей, обоснование выбранных материалов, сравнения основных показателей разработанной конструкции с аналогами, сведения об использованных изобретениях и патентной чистоте. Произведено расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции, разработано чертежи модернизированной прессовой части бумагоделательной машины и определенно ожидаемые технико-экономические показатели от внедрения модернизации. Отмеченная модернизация может быть рекомендована для внедрения в производство. Определено уровень стандартизации и унификации.

БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ,  
ГОРЯЧИЙ ПРЕСС, ВАЛ ГОРЯЧЕГО ПРЕСА.

## ABSTRACT

UDC 676.056.73

The Bachelor Diploma project on the theme: "Modernization of second hot press of paper machine." / National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»; Scientific supervisor: Marchevskyi V. M. - K., 2019. - 119 p.: il. –Developer – Pinchuk Y. A. – Bibliography: 70 p.

The project consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references with 22 titles. The total volume is 95 pages of the main text, 16 figures, 8 tables.

The aim of the project is to develop the cooling system for a hot press roll which should increase the working life of a roll rubber coverage and improve the effectiveness of compression process.

The project contains a description of the technological process, choice and justification of configuration of the press part of a cardboard machine, technical description, operation principles of basic component parts that are designed and their assembly units and details, explanation of chosen materials, comparison of basic indicators of the designed construction with analogones, information about the used inventions and patent clearance. Calculations which are made, confirm the capacity of the construction, the drawings of the modernized press part of a cardboard machine are developed and expected technical and economic indexes from the of modernisation are determined. The presented modernisation can be recommended for applying in industry. The level of standardization and unitization is determined.

PAPER MACHINE, PRESSING PART, HOT PRESS, HOT PRESS SHAFT

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| Перелік скорочень, умовних позначень та термінів .....  | 11 |
| Вступ.....  | 12 |
| 1. Призначення та область застосування пресової частини ПРМ.....                              | 13 |
| 1.1 Опис технологічного процесу .....   | 14 |
| 2 Технічна характеристика .....   | 15 |
| 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції пресової частини ПРМ.....                        | 16 |
| 3.1 Опис конструкції .....  | 16 |
| 3.2 Вибір матеріалів .....  | 19 |
| 3.3 Порівняння основних показників конструкцій з аналогами .....                              | 19 |
| 3.4 Відомості про використані патенти і патентну чистоту .....                                | 20 |
| 3.5 Відповідність розроблюваного виробу вимогам охорони праці .....                           | 28 |
| 4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....                  | 36 |
| 4.1 Матеріальний баланс та розрахунок сухості паперового полотна після пресової частини ..... | 36 |
| 4.2 Розрахунок необхідної кількості води для охолодження.....                                 | 38 |
| 4.3 Розрахунок вала гарячого пресу.....   | 44 |
| 4.3.1 Розрахунок на міцність і жорсткість.....  | 43 |
| 4.3.2 Розрахунок на критичну кутову швидкість.....  | 49 |
| 4.3.3 Розрахунок і вибір підшипників.....   | 51 |
| 4.4 Розрахунок потужності та вибір двигуна.....   | 53 |
| 5 Рекомендації по монтажу та експлуатації .....   | 56 |
| 6 Очікувані техніко-економічні показники .....  | 57 |
| 7 Рівень стандартизації та уніфікації .....   | 63 |
| Висновки .....  | 65 |

|           |      |             |        |      |  |  |  |  |   |      |         |
|-----------|------|-------------|--------|------|--|--|--|--|---|------|---------|
|           |      |             |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ   |  |  |  |   |      |         |
|           |      |             |        |      |  |  |  |  |   |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.    | Підпис | Дата | Модернізація другого<br>гарячого пресу папероробної<br>машини. Комплексний<br>Пояснювальна записка |  |  |  | Літ.  | Арк. | Акрушів |
| Розроб.   |      | Пінчук      |        |      |  |  |  |  |   |      |         |
| Перевір.  |      | Марчевський |        |      |  |  |  |  |   | 9    | 119     |
| Реценз.   |      |             |        |      |  |  |  |  | КПІ ім. Ігоря Сікорського,<br>ІХФ, каф. МАХНВ |      |         |
| Н. Контр. |      |             |        |      |  |  |  |  |   |      |         |
| Затверд.  |      |             |        |      |  |  |  |  |   |      |         |

|   |     |
|---|-----|
| Выводы.....   | 67  |
| Conclusion.....   | 69  |
| Перелік посилань .....  | 70  |
| Додаток А. Документація до патентного дослідження .....             | 72  |
| Додаток Б. Патенти, які використанні в патентному дослідженні ..... | 84  |
| Додаток В. Заявка подачі матеріалів на корисну модель .....         | 106 |
| Додаток Д. Публікації автора .....                                  | 110 |

|     |      |          |       |      |                    |            |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк.<br>10 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |            |



## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ЦПВ – целюлозно-паперове виробництво;

ПРМ – папероробна машина;

Умовні позначення:

$B$  – необрізна ширина картонного полотна, м;

$g$  – маса 1 м<sup>2</sup> картонного полотна, , кг/м<sup>2</sup>;

$V$  – швидкість машини папероробної машини, м/с;

$D$  – зовнішній діаметр валу, м;

$d$  – внутрішній діаметр валу, м;  $d$

$A$  – відстань між центрами підшипникових опор, м;

$B$  – довжина оболонки валу

$L$  – довжина оболонки валу, м;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$T$  – тягове зусилля, Н;

$N$  – потужність, Вт;

$S$  – сухість паперового полотна, %;

$q$  – лінійний тиск між валами пресу, кН/м;

$P_{cp.}$  – середній питомий тиск між валами пресу;

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 11   |

## Вступ

Від розвитку целюлозно-паперової промисловості залежить споживання паперу і картону на душу населення, що є одним з показників рівня якості і соціального захисту громадян. Покращення обладнання для целюлозно-паперової промисловості забезпечить якість паперових та картонних виробів а також зменшить витрати на їх виробництво.

Якість паперу і продуктивність папероробних машин в значній мірі залежить від ефективності та інтенсивності зневоднення полотна паперу в пресовій частині машини. На вітчизняних машинах експлуатуються преси застарілих конструкції, які не забезпечують високу сухість картону після пресування, що зумовлює великі витрати тепла на висушування невідпресованої води, як відомо, збільшення сухості на 6 - 8% зменшує витрати пари на 18 - 20%, тому робота з модернізації пресової частини ПРМ є актуальною задачею.

Метою даного дипломного проекту є розробка системи охолодження вала гарячого пресу, яка збільшить термін експлуатації гумованого валу і підвищить інтенсифікацію процесу пресування.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## 1 Призначення та область застосування гарячого пресу ПРМ

Другий гарячий прес встановлюють в пресовій частині папероробної машини перед сушильною частиною. Головне завдання гарячого пресу формування та зневоднення паперового полотна до 55–60 %, щоб зменшити витрати пари на сушильній частині. Основними елементами пресу є лощильний циліндр Ø6000мм, нижній вал гарячого пресу Ø900мм, пресове сукно, механізм прижиму валу гарячого пресу, сукноведучі валики, механізми натягіння та правки сукна.

Гарячі преси працюють з лінійним тиском до 120 кН/м і дозволяють отримати сухість полотна до 60 %. Для таких пресів використовують двух- та трьохшарові сукна масою 1,4–1,7 кг/м<sup>2</sup>, що дозволяють накопичувати великий об'єм вологи і запобігати маркуванню полотна.

Лощильний циліндр гарячого пресу – найбільший за діаметром в усій папероробній машині. Швидкість його обертання сягає 13 м/с, на найсучасніших машинах – до 20 м/с. Завдяки лощильному циліндру забезпечується висока гладкість поверхні паперу, що стикається з ним, і високий зйом води при сушінні.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 13   |

## 1.1 Опис технологічного процесу

Вологе німецьке паперове полотно, отримане в формувальній частині машини, в залежності від її типу, має сухість від 8 до 25% [1]. Для подальшого зневоднення воно направляється до пресової частини, де в процесі проходження між валами пресів, тиск в яких по ходу машини поступово зростає, відбувається не лише підвищення сухості до (35...55) %, але й його ущільнення, в результаті чого покращується поверхня, знижується пористість, підвищується міцність та густина. Під дією пресування волокна в полотні зближуються, збільшуються площа їх контакту та сили зчеплення між ними, завдяки чому змінюються й властивості готової продукції: знижується пористість, повітропроникність, підвищуються фізико-механічні показники. Отже, від умов пресування залежить якість готової продукції.

Пресова частина машини повинна працювати таким чином, щоб на ній відбувалося рівномірне по ширині зневоднення паперу і максимально підвищення сухості паперу перед сушильною частиною. Підвищення сухості на 1% дозволяє зменшити витрати пари сушильною частиною на 5%. Крім того зневоднення пресування у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднення сушінням.

Досягти суттєвого збільшення сухості можна підвищуючи тиск в захваті пресу, для чого збільшують лінійний тиск. Але зі збільшенням лінійного тиску збільшується прогин валів, в результаті чого в середині паперового полотна зменшується тиск і відповідно зменшується сухість, що недопустимо. Щоб усунути вказаний недолік в дипломному проекті запропоновано застосувати непрогинаємі вали, що дасть можливість збільшити тиск в захваті пресів і значно збільшити сухість паперу після пресування.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 14   |

# 1 Призначення та область застосування гарячого пресу папероробної машини

Другий гарячий прес встановлюють в пресовій частині папероробної машини перед сушильною частиною. Головне завдання гарячого пресу формування та зневоднення паперового полотна до 55–60 %, щоб зменшити витрати пари на сушильній частині. Основними елементами пресу є лощильний циліндр Ø6000мм, нижній вал гарячого пресу Ø900мм, пресове сукно, механізм прижиму валу гарячого пресу, сукноведучі валики, механізми натягіння та правки сукна.

Гарячі преси працюють з лінійним тиском до 120 кН/м і дозволяють отримати сухість полотна до 60 %. Для таких пресів використовують двух- та трьохшарові сукна масою 1,4–1,7 кг/м<sup>2</sup>, що дозволяють накопичувати великий об'єм води і запобігати маркуванню полотна.

Лощильний циліндр гарячого пресу – найбільший за діаметром в усій папероробній машині. Швидкість його обертання сягає 13 м/с, на найсучасніших машинах – до 20 м/с. Завдяки лощильному циліндру забезпечується висока гладкість поверхні паперу, що стикається з ним, і високий зйом води при сушінні.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 13   |

## 1.1 Опис технологічного процесу

Вологе німецьке паперове полотно, отримане в формувальній частині машини, в залежності від її типу, має сухість від 8 до 25% [1]. Для подальшого зневоднення воно направляється до пресової частини, де в процесі проходження між валами пресів, тиск в яких по ходу машини поступово зростає, відбувається не лише підвищення сухості до (35...55) %, але й його ущільнення, в результаті чого покращується поверхня, знижується пористість, підвищується міцність та густина. Під дією пресування волокна в полотні зближуються, збільшуються площа їх контакту та сили зчеплення між ними, завдяки чому змінюються й властивості готової продукції: знижується пористість, повітропроникність, підвищуються фізико-механічні показники. Отже, від умов пресування залежить якість готової продукції.

Пресова частина машини повинна працювати таким чином, щоб на ній відбувалося рівномірне по ширині зневоднення паперу і максимально підвищення сухості паперу перед сушильною частиною. Підвищення сухості на 1% дозволяє зменшити витрати пари сушильною частиною на 5%. Крім того зневоднення пресування у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднення сушінням.

Досягти суттєвого збільшення сухості можна підвищуючи тиск в захваті пресу, для чого збільшують лінійний тиск. Але зі збільшенням лінійного тиску збільшується прогин валів, в результаті чого в середині паперового полотна зменшується тиск і відповідно зменшується сухість, що недопустимо. Щоб усунути вказаний недолік в дипломному проекті запропоновано застосувати непрогинаємі вали, що дасть можливість збільшити тиск в захваті пресів і значно збільшити сухість паперу після пресування.

Великим недоліком сучасних гарячих пресів є швидке руйнування гумового покриття валу, яка працює в умовах високих температур.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 14   |

## 2 Технічна характеристика

Технічна характеристика другого гарячого пресу наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Технічна характеристика

| Найменування  | Значення            |
|---|---------------------|
| Швидкість машини, <i>м/с (м/хв)</i>                     | 20,7 (1240)         |
| Лінійний тиск між валами пресу, <i>Н/м</i>              | 100 000             |
| Зовнішній діаметр валу з гумовим покриттям, <i>м</i>    | 0,9                 |
| Внутрішній діаметр валу без гумового покриття, <i>м</i> | 0,85                |
| Діаметр лоцильного циліндра, <i>м</i>                   | 6                   |
| Діаметр цапфи валу гарячого пресу, <i>м</i>             | 0,26                |
| Довжина валу гарячого пресу, <i>м</i>                   | 4,68                |
| Довжина валу гарячого пресу між підшипниками, <i>м</i>  | 5,55                |
| Довжина установки валу з глухими отворами, <i>м</i>     | 6,37                |
| Матеріал оболонки валу гарячого пресу                   | Сірий чавун<br>СЧ35 |
| Матеріал, з якого виготовлені цапфи валу гарячого пресу | Сталь 40Х           |
| Маса валу, <i>кг</i>                                    | 8000                |
| Маса пресової частини, <i>кг</i>                        | 180000              |

### 3 Опис та обґрунтування обраної конструкції пресової частини папероробної машини

#### 3.1 Опис конструкції

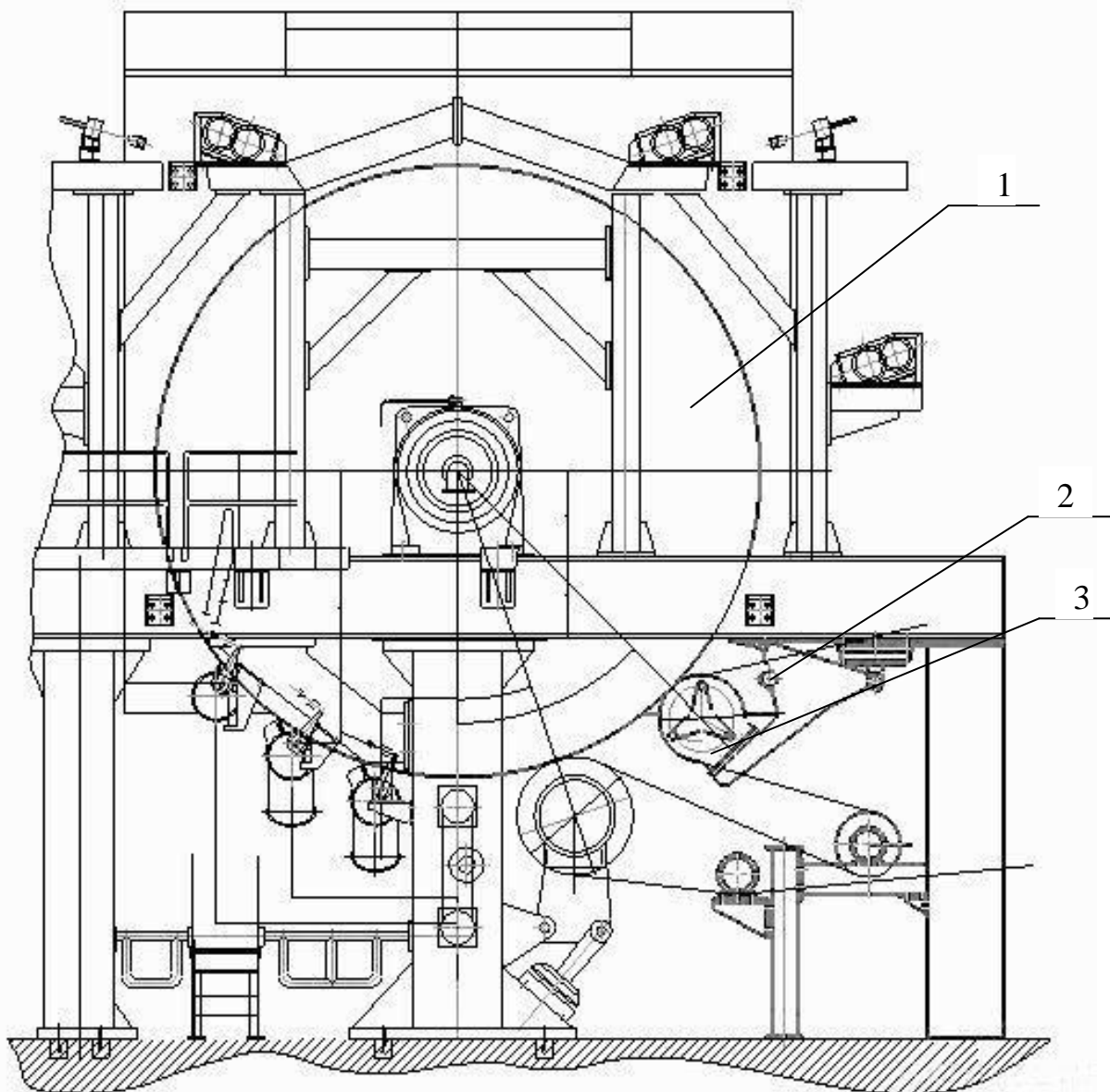
Останнім часом все ширшого застосування набувають тонкі види паперу (санітарно-гігієнічна для рушників та серветок, обгорткова тощо) масою до  $40 \text{ г/м}^2$ . Для таких видів паперу характерні висока поглинаюча здатність, велика м'якість та велика здатність до розтягування. Санітарно-гігієнічний папір переважно виготовляють з маси садкого помелу.

Пресова частина з гарячими пресами (рисунок 3.1) [4] призначена для пресування санітарно-гігієнічного паперового полотна. Застосування гарячих пресів дозволяє максимально збільшити видалення вологи перед сушильною частиною, що забезпечує значну економію пари в сушильній частині [1].

Питання охолодження гумового покриття валів в літературі практично не розглядалося. Всі відомі методи охолодження зводяться до охолодження водою, що подається в середину валу.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 16   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |





1 – верхній вал гарячого пресу (лощильний циліндр); 2 – колектор повітряного сприску; 3 – нижній вал гарячого пресу

Рисунок 3.1 – Пресова частина з гарячим пресом

Гарячий прес складається з лощильного циліндра 1 діаметром 6м та нижнього вала гарячого пресу. Паперове полотно притискається до сушильного циліндра прогумованим притискним валом через сукно. Паперове полотно проходячи між валами другого гарячого пресу зневоднюється до сухості (50...56)% [1]. Така висока сухість пояснюється зниженням в'язкості води, нагрітої на ділянці циліндра, де розташовані гарячі преси.

|     |      |          |       |      |
|-----|------|----------|-------|------|
|     |      |          |       |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |

ЛБ51.705441.001 ПЗ

Арк.

17

Лощильний циліндр 4, що використовується в якості верхнього валу гарячого пресу, складається з барабана, двох торцевих кришок та двох цапф, з'єднаних всередині для більшої міцності циліндра. Подача пари в циліндр проводиться з лицьової сторони, а відведення конденсату – з приводної. Циліндр встановлюють на сферичних роликотпідшипниках. Корпус підшипника з лицьової сторони може переміщуватися при температурному розширенні циліндра. Корпуси підшипників оснащені штуцерами для підведення та відведення мастила та встановлення датчиків контролю температури підшипників.

Паровпускні головки встановлені з лицьової та приводної сторін; через парову головку з лицьової сторони подається пара, а з приводної сторони видаляється конденсат. Необхідно підтримувати робочий тиск водяної пари в лощильному циліндрі рівним 0,8 МПа та температуру водяної пари в лощильному циліндрі рівною 170 °С.

Поверхня лощильного циліндра у чистому стані підтримується за допомогою трьох шаберів. Лінійний тиск шаберів 0,3 кН/м. Перший з шаберів запобігає намотування паперу при його обриві, другий крепуючий, третій шабер очищує поверхню циліндра.

В якості нижнього вала гарячого пресу використовують вал діаметром 0,9м з глухими отворами. Вал гарячого пресу складається з корпусу, цапф приводної і лицьової, кришки. Пресовий вал встановлюють на сферичних роликотпідшипниках. Корпуси підшипників оснащені отворами для підведення та відведення мастила та встановлення датчиків контролю температури підшипників.

В процесі роботи пресове сукно забруднюється, що призводить до зниження волого пропускної властивості. Тому пресове сукно очищують за допомогою сукномийки. Також в процесі роботи пресове сукно розтягується. Тому для підтримання постійного натягу сукна використовують сукнонатяжку .

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 18   |

### 3.2 Вибір матеріалів

Прес працює в умові підвищеного вологовмісту в повітрі, оскільки віджимає вологу з паперового полотна. Отже, згідно з рекомендаціями наведеними в [18], для забезпечення строку служби деталей пресу, буде доцільно використовувати сталь СЧ35 за ГОСТ 1412-85 для поверхонь, що безпосередньо контактують з полотном. А саме корпус валу.

Деталі, що не контактують з полотном (цапфи) згідно з рекомендаціями в [18] слід виготовляти зі сталі 40Х за ГОСТ 19903-74.

### 3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

За аналог приймемо другий гарячий прес самозйомної папероробної машини [4].

До переваг існуючої конструкції пресової частини папероробної машини слід віднести високу інтенсивність процесу зневоднення паперового полотна та відсутність вірогідності розриву останнього.

До недоліків існуючої конструкції можна віднести низький термін служби гумового покриття валу гарячого пресу.

Модернізація другого гарячого пресу полягає в розробці системи охолодження вала гарячого пресу, яка збільшить термін експлуатації гумованого валу і підвищить інтенсифікацію процесу пресування.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 19   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |

Основні показники базової та вдосконаленої пресової частини подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні показники базової та вдосконаленої пресової частини

| Показник                               | Одиниця  | Гарячий прес |                |
|--|----------|--------------|----------------|
|  |          | базовий      | модернізований |
| Зайнята площа                          | $m^2$    | 58           | 58             |
| Годинна продуктивність                 | $кг/год$ | 8200         | 8226           |
| Продуктивність за рік                  | $т/рік$  | 72234        | 72463          |
| Швидкість машини                       | $м/с$    | 13,3         | 20,7           |
| Сухість паперового полотна після пресу | %        | 40           | 56             |
| Встановлена потужність                 | $кВт$    | 160          | 160            |
| Маса                                   | $т$      | 21,5         | 21,5           |

#### 3.4 Відомості про використані винаходи і патентну чистоту

Предмет пошуку – гарячий прес папероробної машини, вал гарячого пресу.

Мета пошуку – визначення патентоспроможності проектного апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія, Фінляндія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 1999–2019 рр.

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: МПК4, МПК5, МПК6 – D 21 F 3/08, D 21 F 3/00, D 21 F 3/04, 2/00, D 21 G 1/02;
- уніфікована десяткова класифікація: УДК 621.9, 621.927.3, 621.928, 621.928.028, 621.928.3, 622.2, 676.1.

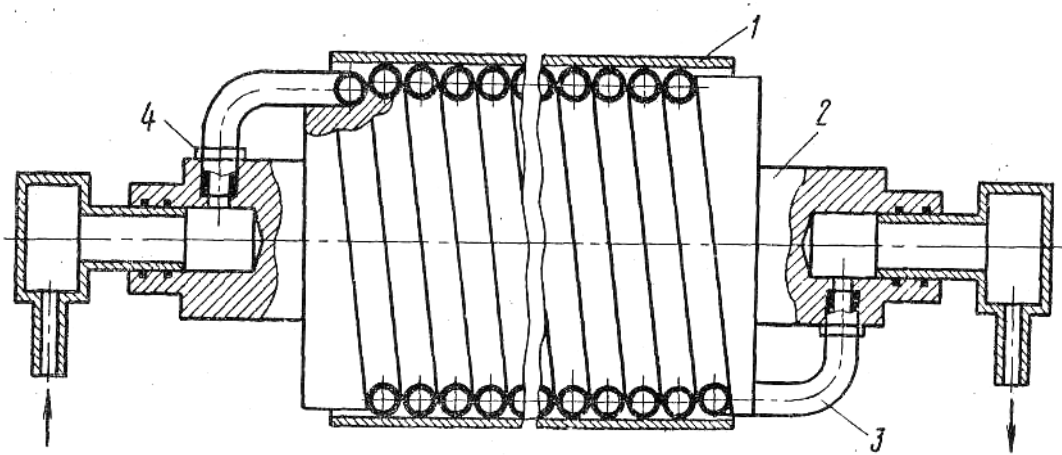
Джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту й Держпатенту СРСР;
- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу устаткування для підготовки паперової маси.

Суттєвими ознаками апарата є: пресові вали; вали, що нагріваються; гарячий прес; вал гарячого пресу.

Для докладного аналізу було обрано патенти [5 - 11].

У патенті [5] представлено пресовий вал (рисунок 3.2).



1 – рубашка; 2 – сердечник; 3 – шланг; 4 – патрубок

Рисунок 3.2 – Пресовий вал

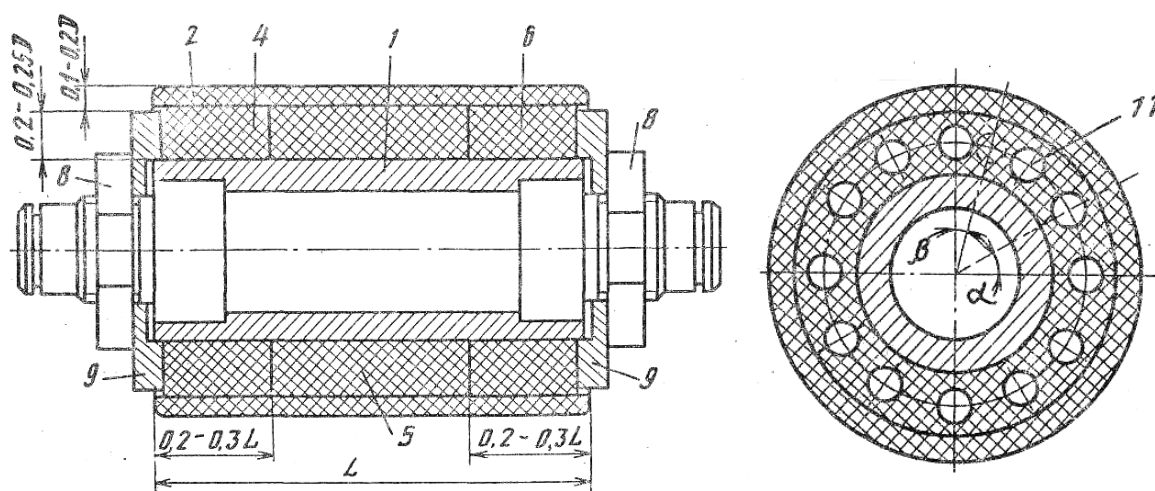
Метою винаходу є збільшення ефективності зневоднення паперового полотна за рахунок збільшення пресового імпульсу.

Пресовий вал відрізняється від аналогів тим, що з метою збільшення ефективності зневоднення паперового полотна за рахунок збільшення пресового

імпульсу, рубашку вала виготовлено з еластичного матеріалу, а крок гвинтового жолоба рівний зовнішньому діаметру шланга. Таким чином, ефективність зневоднення вологого паперового полотна в пресовій частині папероробної машини при використанні вала буде значно вищою, ніж у випадку використання відомої конструкції.

Застосування пресового валу такої конструкції дозволяє відмовитись від механізмів притискання валів, оскільки отримання необхідного тиску в зоні контакту здійснюється за рахунок зміни тиску рідини, що подається у шланг. У зв'язку з цим пресова частина стає компактнішою.

У патенті [6] представлено пресовий вал (рисунок 3.3).



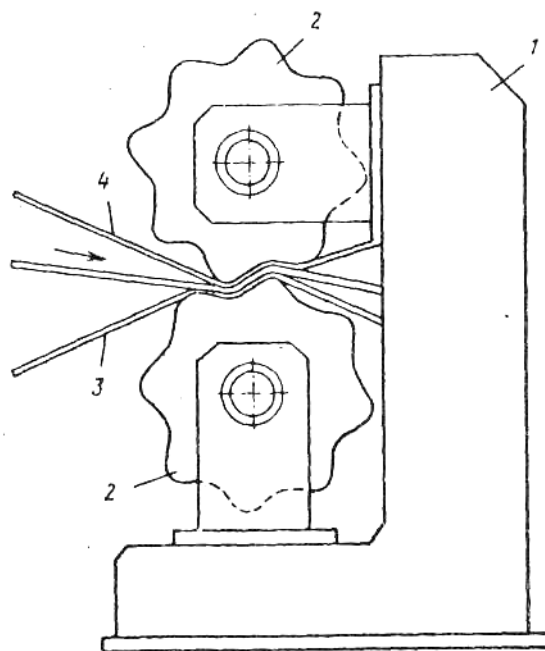
1 – сердечник; 2 – зовнішній шар гуми; 3 – внутрішній шар гуми; 4, 6 – крайні ділянки; 5 – середня ділянка; 7 – кільце; 8 – механізм для осьового стискання; 9 – натискне кільце; 10, 11 – отвори

Рисунок 3.3 – Пресовий вал

Метою винаходу є покращення якості продукції за рахунок рівномірного тиску пресування по довжині вала. Пресовий вал відрізняється від аналогів тим, що внутрішній шар має товщину від 0,2 до 0,25 зовнішнього діаметра вала та виконаний таким, що складається з трьох ділянок по довжині вала, твердість крайніх ділянок менша твердості середнього на величину від 12 до 25 одиниць по

Шору; довжина крайніх ділянок внутрішнього шару складає від 0,2 до 0,3 довжини валу; твердість середньої ділянки складає від 82 до 62 одиниці, а твердість зовнішнього шару складає від 88 до 80 одиниць при товщині зовнішнього шару від 0,2 до 0,2 зовнішнього діаметра валу. У внутрішньому шарі виконані отвори, розташовані в осьовому напрямі, по колу. Використання валу такої конструкції дозволяє вирівняти тиск площадки контакту по довжині вала і тим самим покращити якість продукції.

У патенті [7] представлено прес для зневоднення полотна волокнистого матеріалу (рисунок 3.4).



1 – станина; 2 – вали; 3, 4 – сукно

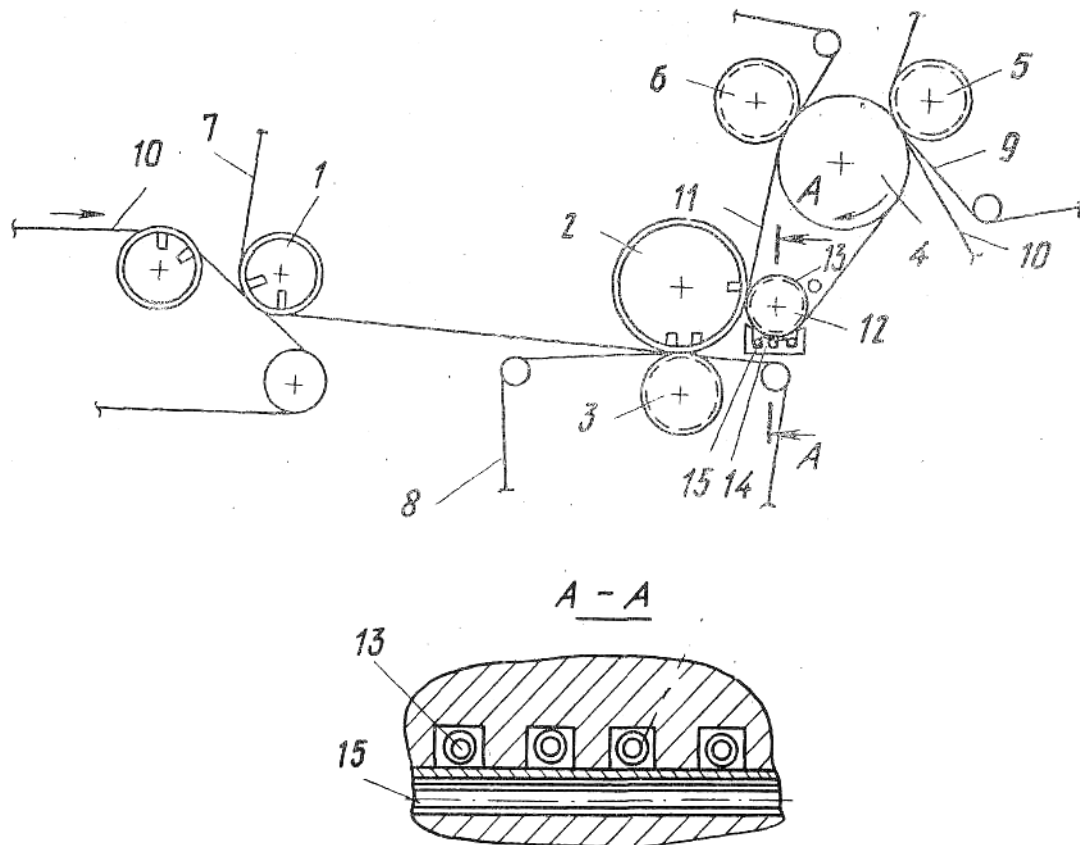
Рисунок 3.4 – Прес для зневоднення полотна волокнистого матеріалу

Метою винаходу є інтенсифікація процесу зневоднення за рахунок подовження зони пресування.

Прес для зневоднення полотна волокнистого матеріалу відрізняється від аналогів тим, що з метою інтенсифікації процесу зневоднення за рахунок подовження зони пресування, вогнуті ділянки робочої поверхні кожного валу мають радіус кривизни, в 1,8...2 рази більший за радіус кривизни випуклих ділянок; довжини випуклих ділянок рівні довжинам дуг вогнутих ділянок.

Запропонований прес забезпечує у порівнянні з відомою конструкцією розширення зони пресування в 1,5 рази та відносне збільшення сухості полотна після преса на (10...15%), а також рівномірне пресування полотна по всій площині.

У патенті [8] представлено прес папероробної машини (рисунок 3.5). Метою винаходу є інтенсифікація процесу пресування.



1 – пересмоктуючий вал; 2, 3, 5, 6 – вал; 4 – центральний вал; 7, 8, 9 – сукно; 10 – паперове полотно; 11 – нескінченна термопластична стрічка; 12 – валик; 13, 15 – нагрівачі елементи; 14 – кожух

Рисунок 3.5 – Прес папероробної машини

Прес папероробної машини відрізняється від аналогів тим, що прес оснащено нескінченною стрічкою з термостійкого матеріалу, яка обхватує його центральний вал та утворює зону контакту з паперовим полотном на прямолінійній ділянці сукна між двома суміжними захватами, при цьому стрічка має камеру підігріву, розташовану з можливістю переміщення вздовж неї перед



зоною контакту. Стрічку виконано з мікронарізкою. Пресування паперового полотна при високій температурі на представленому пресі дозволяє забезпечити збільшення сухості паперового полотна (55...60) %, а також підвищити міцність паперового полотна після преса.

У патенті [9] представлено спосіб та пристрій для проведення шару волокнистого матеріалу через віджимну секцію папероробної машини (рисунок 3.6). Метод відрізняється від аналогів тим, що волокнистий матеріал завжди утримується з протилежних сторін окремими несучими елементами.

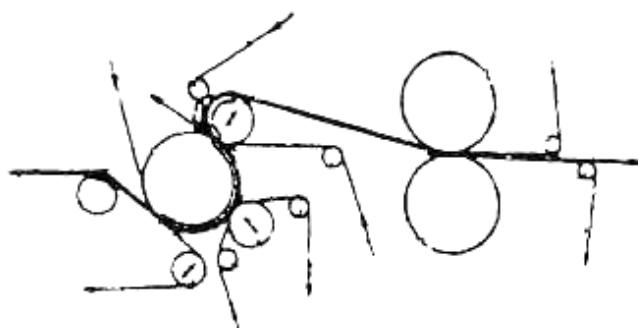


Рисунок 3.6 – Спосіб та пристрій для проведення шару волокнистого матеріалу через віджимну секцію папероробної машини

Використання пресової частини пропонованої конструкції дозволяє зменшити число обривів паперового полотна.

У патенті [10] представлено спосіб гарячого пресування паперової маси (рисунок 3.7). Пропонована конструкція відрізняється від аналогів тим, що для видалення води з паперової маси направляють волокнистий шар маси у безпосередній контакт з нагрітим циліндром, утримуючи вказаний шар притискним матеріалом. Операцію виконують у два послідовних етапи. Спочатку паперове полотно проводять в контакт з нагрітим циліндром, забезпечуючи протяжну зону цього контакту. Після цього паперове полотно направляють в зону інтенсивного віджимання, утворену нагрітим циліндром та полим притискним валом.

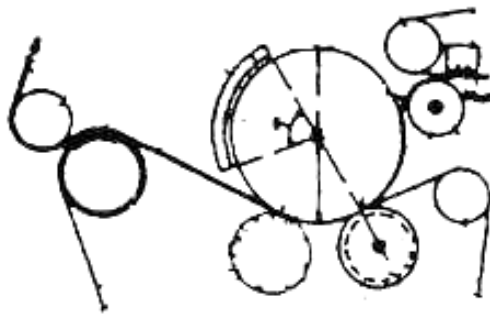


Рисунок 3.7 – Спосіб гарячого пресування паперової маси

У патенті [11] представлено вал, що нагрівається (рисунок 3.8). Пропонований пресовий вал відрізняється від аналогів тим, що він може грітись зсередини за допомогою нагрівача.

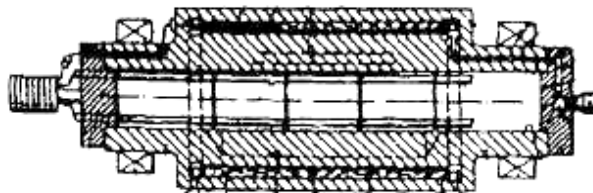


Рисунок 3.8 – Вал, що нагрівається

Використання пресового валу пропонованої конструкції дозволяє інтенсифікувати процес пресування паперового полотна, збільшити його кінцеву сухість.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

- конструкція розроблюваної пресової частини папероробної машини за основними характеристиками не поступається розглянутим аналогам і відповідає сучасному рівню розвитку техніки;

- у розроблюваному апараті не використано суттєвих ознак, якими відрізняються проаналізовані прототипи. Усі суттєві ознаки розроблюваного

апарата є достатньо відомими. Це дозволяє припустити, що застосування конструкції не потребуватиме придбання ліцензії на випуск нової продукції;

- останнім часом винахідницька активність в промислово розвинених країнах у розглянутій галузі спрямована на патентування як апаратів в цілому, так і окремих їхніх частин. Основна увага приділяється підвищенню ефективності роботи просів, зменшення їхньої матеріалоемності, спрощення конструкції та затрат енергії;

- провідними державами в галузі патентування пресової частини папероробної машини є Японія, США, Німеччина. Винахідницька активність в Україні та Російській Федерації протягом останніх років скорочується.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 27   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |

### 3.5 Відповідність гарячого пресу вимогам охорони праці

В дипломному проекті представлена пресова частина папероробної машини. Правила безпеки під час роботи пресової частини повинні відповідати «Єдиним вимогам безпеки до технологічного обладнання целюлозно-паперового виробництва». На всіх підприємствах повинні створюватись здорові і безпечні умови праці.

У відповідності до закону про охорону праці та навколишнього середовища виробничі приміщення, обладнання та технологічні процеси повинні відповідати вимогам безпечних та нешкідливих умов праці. Саме тому ще на етапі проектування нових конструкцій промислового обладнання слід передбачати заходи, пов'язані з питаннями охорони праці обслуговуючого персоналу.

При роботі пропонованої пресової частини ПРМ шкідливими та небезпечними факторами можуть бути:

- параметри повітря робочої зони (підвищена температура, вологість та концентрація пилу);
- недостатня освітленість робочих місць;
- виробничий шум та вібрація;
- обертові, рухомі та нагріті до високих температур елементи конструкції;
- фактори електричної безпеки;
- можливість виникнення пожежі та вибуху.
- 

#### 3.5.1 Повітря робочої зони

Вимоги праці на пресовій частині ПРМ: категорія – середньої ваги 2а (енерговитрати 150...200 ккал/год), забезпечено оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості вітру в робочій зоні:

- а) для холодного та перехідного періодів температура 18...20°C, відносна вологість 40...60% та швидкість вітру не більше 0,2 м/с;

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 28   |

б) для теплого періоду температура 21...23°C, відносна вологість 75% та швидкість вітру не більше 0,3 м/с.

Робота пресової частини папероробної машини пов'язана з виділенням значної кількості тепла, водяної пари та паперового пилу в оточуюче середовище. З метою усунення шкідливих виробничих факторів передбачено наступні заходи:

- виключена необхідність перебування обслуговуючого персоналу безпосередньо біля працюючої конструкції шляхом автоматизації ходу технологічного процесу та встановлення системи дистанційного керування ним;

- у виробничому приміщенні забезпечуються прийнятні параметри повітря шляхом його вентиляції, водяного опалення (температура теплоносія від 70 до 90 °C) в холодну та кондиціонування в теплу пору року.

При реалізації вищеперерахованих заходів параметри повітря робочої зони відповідають ГОСТу 12.1.005-88 і ДСН 3.3.6.042-99.

### 3.5.2 Виробниче освітлення

Робота з обслуговування обладнання відноситься до VI розділу підрозділу «а», тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинно мати освітленість робочої зони  $E_{\text{нор}}=150$  лк. Для забезпечення даного показника в приміщенні, де встановлена папероробна машина, до складу якої входить проектована пресова частина, передбачено встановлення штучного освітлення у вигляді світильників з дуговими ртутно-люмінесцентними лампами. Тип ламп – ДРЛ-400 або ДРЛ-700, їх потужність – 400 та 700 Вт відповідно, світловий потік 19000 та 35000 лм відповідно, напруга живлення – 220 В. Відстань від світильників до стелі 0.6 м, відстань між світильниками 5.9 м, кількість світильників – 72.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 29   |

Реалізація вищеперерахованих заходів створює в приміщенні рівень освітленості, що задовольняє вимогам СНиП II-4-79.

### 3.5.3 Виробничий шум

Папероробна машина працює в безперервному режимі і тому створюваний нею шум є постійним.

Основними джерелами шуму при роботі пресової частини ПРМ є обертові вали, циліндри, паровпускний пристрій та електродвигуни.

Враховуючи вищенаведене, передбачено наступні методи зниження виробничого шуму:

– для загального спостереження за технологічним процесом та дистанційного керування ним виробниче приміщення обладнане звукоізованими кабінами. Їх стіни облицьовуються пористим матеріалом, а вікна виконані у вигляді склопакетів з повітряними зазорами між окремими листами скла. В кабінах рівень звуку не перевищує 70 дБА, що задовольняє вимогам ДСН 3.3.6.037-99;

– обслуговуючий персонал забезпечується засобами індивідуального захисту (протишумовими навушниками типу ПШН-Б ГОСТ 12.4.051-87 або вкладишами «Беруши СТ-1» ТУУ 25513947.002-99).

### 3.5.4 Вплив вібрації

Поява вібрації у виробничому приміщенні при роботі пропонованої пресової частини спричинена наявністю в ній значної кількості обертових елементів (лощильний циліндр, вал з глухими отворами, вал жолобчатий, сукноведучі ролики).

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 30   |

Найбільш ефективним та технічно доцільним методом зниження рівня вібрації будівельних конструкцій є зменшення впливу неврівноважених сил, тобто динамічних навантажень, створюваних обладнанням при роботі.

Для зниження рівня вібрації при роботі проекрованої конструкції передбачені наступні заходи:

- здійснюється ретельне динамічне балансування всіх валів частини;
- забезпечується центрування муфтових з'єднань елементів приводу;
- не допускається перевищення допустимих зазорів у підшипникових вузлах та перекошування підшипників;
- здійснюється нагляд за відсутністю недопустимих люфтів в шарнірних з'єднаннях конструкції, щільним приляганням кришок та фланців.

При виконанні даних вимог величина загальної технологічної вібрації на постійних робочих місцях при працюючій сушильній частині задовольняє нормам, передбаченим ДСН 3.3.6.039-99.

### 3.5.5 Небезпека створювана обертовими, рухомими та нагрітими до високих температур елементами конструкції

Пресова частина папероробної машини містить в своєму складі велику кількість обертових і рухомих елементів, а також частин, поверхня яких має підвищену температуру. Для запобігання травмуванню обслуговуючого персоналу внаслідок контакту з ними передбачено наступні заходи:

- пресової частина знаходиться під закритим вентиляційним ковпаком, внаслідок чого обмежується доступ робітників до потенційно небезпечних елементів при роботі конструкції;
- муфтові з'єднання елементів приводу повинні закриватись

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 31   |

захисними кожухами;

- оглядові містки та сходи безпосередньо на сушильних групах обладнані захисними огороженнями з відбійними смугами;

- поверхні, нагріті до високих температур (паро- та конденсатопроводи, підвідні колектори перфорованих валів) вкриті шаром ізоляції з мінеральної вати марки 300 ГОСТ 4640-76. Зовнішня температура теплоізоляції не перевищує 45 °С, що відповідає СН 245-71. Температура поверхні теплоізоляції контролюється термометром за ГОСТ 2823-73.

### 3.5.6 Електробезпека

Згідно з Правилами устрою електроустановок (ПУЭ) пресова частина папероробної машини відноситься до класу II.

Для живлення електрообладнання проектованої конструкції застосовується трифазна мережа. Відповідно до ПУЭ трифазні ланцюги при напрузі 220/380 В і частоті 50 Гц виконуються як трьохпровідні мережі з ізолюваною нейтраллю.

Для запобігання враженню обслуговуючого персоналу пресової частини електричним струмом в робочому режимі передбачено наступні заходи:

- рубильники для ввімкнення електрообладнання розміщуються в спеціальних шафах;
- панелі керування обладнані індикаторами ввімкнення електроустаткування;
- постійно контролюється стан ізоляції провідників, застосовується подвійна ізоляція;
- заборонено виконання ремонтних робіт електроустаткування під напругою;
- в складі електрообладнання використовується апаратура зі ступенем захисту IP-54 ГОСТ 14254-80.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 32   |



Для запобігання електротравмуванню в аварійному режимі елементи конструкції, що можуть опинитися під напругою, обладнуються затискачами для підключення заземлення. Біля затискачів наносяться незмивні червоні знаки «Земля» за ГОСТ 21.1.030-86. Заземлення виконується відповідно до ГОСТ 12.1.030-81.

### 3.5.7 Пожежна безпека

Пресова частина папероробної машини є об'єктом підвищеної пожежонебезпечності. У зв'язку з цим за ОНТП 24-86 виробництво можна віднести до категорії В, клас зони П-П.

Як відомо, для виникнення пожежі необхідна одночасна присутність трьох компонентів: горючої речовини, джерела запалювання та окислювача. З метою недопущення присутності усіх трьох наведених складових при роботі проектованої пресової частини передбачено наступні організаційно-технічні заходи:

- забороняється використання відкритого вогню у виробничому приміщенні;
- організовується ретельне і вчасне прибирання паперового браку та пилу, який накопичився на конструкції;
- встановлюється контроль за дотриманням вимог щодо використання і зберігання змащувальних матеріалів;
- здійснюється нагляд за справністю наявного електроустаткування.

Для швидкої ліквідації осередків займання та порятунку людей при пожежі:

- ковпак пресової частини обладнується датчиками загоряння, пов'язаними з ланцюгами автоматичного блокування приточно-витяжної вентиляції та подачі повітря в підвідні колектори конвекторів;

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 33   |

- ковпак оснащується системою швидкого пожежогасіння, сплінкерною, дрейчерною установкою або системою парогасіння (інтенсивність подачі пари не менше 0.002 – 0.005 кг/(м<sup>3</sup>·с);
- у виробничому приміщенні розміщуються пожежні гідранти на відстані не більше 30 м один від одного, а також первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, ящики з піском, необхідний інструмент);
- приміщення обладнується системою оперативного зв'язку з найближчою пожежною частиною;
- передбачено евакуиходи з виробничої будівлі. Їх кількість повинна бути такою, щоб найбільша відстань до виходу становила 40 м. Двері евакуиходу відчиняються назовні, ширина прорізу дверей складає 2 м.

Протипожежна безпека пресової частини ПРМ відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

### 3.5.8 Небезпека систем що знаходяться під тиском

Пропонована конструкція містить у своєму складі елементи, які працюють під значним внутрішнім надлишковим тиском (лощильний циліндр).

Вони при порушенні умов виготовлення та експлуатації можуть призвести до вибуху. Для запобігання цьому передбачено ряд заходів:

- на виготовлення, монтаж та приймання в експлуатацію сушильних
- циліндрів отримуються спеціальні дозволи та ліцензії Державного комітету з охорони праці;
- до кожного виготовленого циліндра додається заводський паспорт, в якому має бути розміщене його креслення, розрахунки на міцність, вказані робочий тиск та тиск випробування. До паспорта додається акт заводських випробувань на міцність та герметичність;

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 34   |

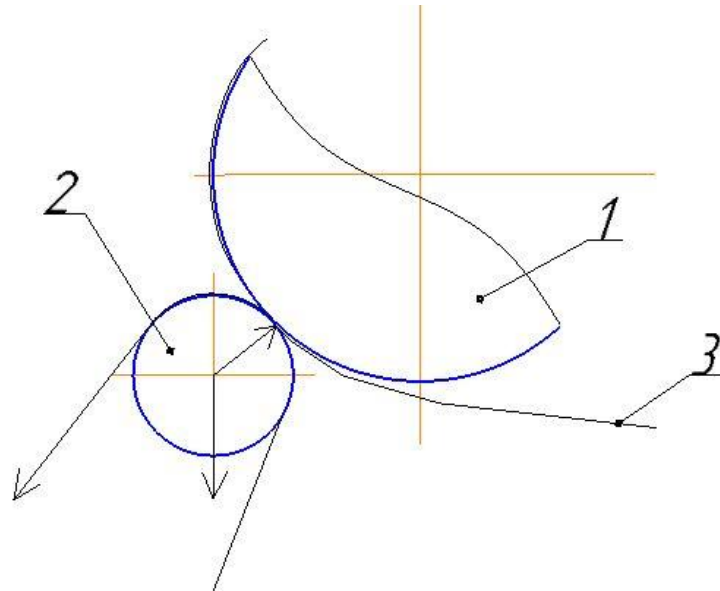
— при монтажі лоцильного циліндра, його паспорт у встановленому порядку реєструються в місцевих органах охорони праці. Кожному циліндру присвоюють індивідуальний номер.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 35   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |

#### 4 Розрахунки, які підтверджують працездатність і надійність конструкції

##### 4.1 Матеріальний баланс та розрахунок сухості паперового полотна після пресової частини

Розрахункова схема показана на рисунку 4.1.



1 – циліндр лощильний; 2 – вал гарячого пресу; 3 – паперове полотно

Рисунок 4.1 – Розрахункова схема

Метою розрахунку є визначення кінцевої сухості після пресу.

Вихідні дані:

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Початкова сухість, $S_n$                     | 50 %                    |
| Кінцева сухість, $S_k$                       | 56 %                    |
| Швидкість машини, $V$                        | 20,7м/с (1240 м/хв)     |
| Ширина паперового полотна, $B$               | 4,25 м                  |
| Маса 1м <sup>2</sup> паперового полотна, $g$ | 0,029 кг/м <sup>2</sup> |

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [1].

Продуктивність по абсолютно сухому паперу на накаті,  $G_{a.c.n.}$ :

$$G_{a.c.n.} = B \cdot V \cdot g(1 - W_k) = 4,25 \cdot 20,7 \cdot 0,029(1 - 0,1) = 2,285 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Кількість води, що відпресовується на 1 кг абсолютно сухого паперу:

$$W = \frac{100}{S_n} - \frac{100}{S_k} = \frac{100}{50} - \frac{100}{56} = 0,214 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Продуктивність по видаленій воді:

$$G_w = G_{a.c.n.} \cdot W = 2,285 \cdot 0,214 = 0,49 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \left( 1764 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \right)$$

Середній питомий тиск між валами пресу,  $\text{кН/м}^2$ :

$$P_{cp} = \frac{21,74 \cdot q^{0,737}}{D^{0,4} \cdot T^{0,275}} = \frac{21,74 \cdot 100^{0,737}}{0,9^{0,4} \cdot 30^{0,275}} = 265 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Де  $T = 30$  – твердість гумового покриття валу, од. ТШМ – 2.

Сухість паперового полотна після пресу:

$$S_p = \frac{A \cdot \alpha_0 \cdot m_0 \cdot P_{cp}^\gamma \cdot S_c^\theta \cdot S_n^\omega \cdot g^\beta}{V^\varepsilon \cdot ШР^\psi} =$$

$$\frac{1,001 \cdot 1,04 \cdot 21,94 \cdot 265^{0,147} \cdot 30^{0,07} \cdot 50^{0,131} \cdot 26^{0,1}}{1242^{0,067} \cdot 65^{0,125}} = 56,07\%$$

Де  $A$  – коефіцієнт який характеризує конструкцію пресу;

$\alpha_0$  – коефіцієнт виду паперу;

$m_0$  – коефіцієнт, який залежить від марки сукна, маси паперу і швидкості машини;

$S_c$  – сухість сукна перед пресом, %;

$S_n$  – сухість паперу перед пресом, %;

$\beta$  – коефіцієнт маси паперу;

ШР – ступінь помолу маси, °ШР;

$\gamma, \theta, \omega, \varepsilon, \psi$  – дослідні коефіцієнти.

Різниця між необхідним і розрахунковим значеннями сухості:

$$\Delta S = S_k - S_p = 56 - 56,07 = -0,07$$

Допустима похибка при визначенні розрахункового значення сухості:

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 37   |

$$\Delta S_{don} = \frac{S_k}{200} = \frac{56}{200} = 0,28$$

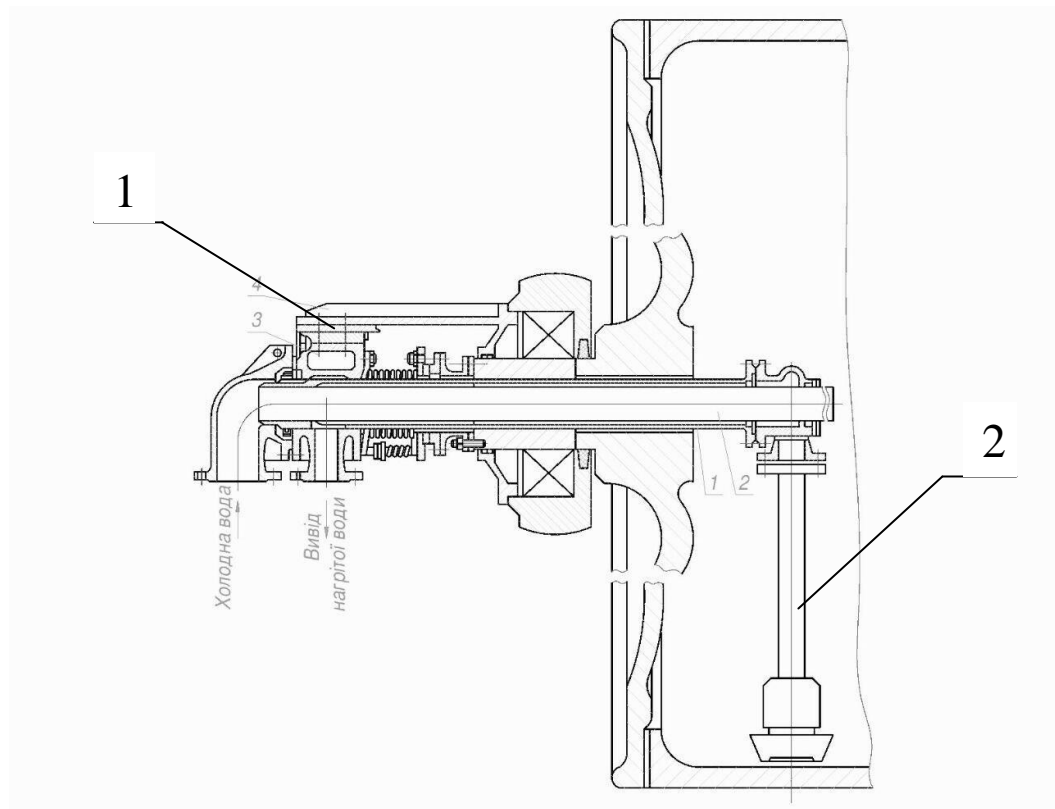
Отже:

$$\Delta S = -0,07\% < \Delta S_{don} = 0,28\%$$

Вибраний лінійний тиск забезпечує умову сухості. Розрахункова величина кінцевої сухості незначно відрізняється від необхідного значення на 0,07%.

#### 4.2 Розрахунок необхідної кількості води для охолодження вала.

Розрахункову схему показано на рисунку 4.2



1– водовпускна головка; 2 – сифон

Рисунок 4.2

Метою даного розрахунку є визначення кількості води необхідної для охолодження поверхні нижнього валу гарячого пресу.

Розрахунок:

Вологовміст полотна:

Визначення вологовмісту полотна перед пресом:

$$u_n = \frac{100 - S_n}{S_n} = \frac{100 - 50}{50} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Вологовміст полотна після пресу:

$$u_k = \frac{100 - S_k}{S_k} = \frac{100 - 56}{56} = 0,785 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Продуктивність по видаленій на пресі воді:

$$G_w = G_{a.c.n.}(U_k - U_n) = 2,285(1 - 0,785) = 0,534 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Критерій Рейнольдса для охолоджувальної речовини:

$$Re = \frac{V_w \cdot h}{\nu} = \frac{10 \cdot 0,06}{9,2 \cdot 10^{-7}} = 625173,$$

де  $h = 0,06\text{м}$  – висота шару води в циліндрі;

$\nu = 9,2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості води за температурою

води  $t = 23,5^\circ\text{C}$

$V_w = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – швидкість води всередині пресового валу.

Критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,66 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} = 0,66 \cdot 52170^{0,5} \cdot 6,36^{0,33} = 981,5$$

де  $Pr = 6,36$  – критерій Прандтля при температурі води ( $t = 23,5^\circ\text{C}$ )

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стінки вала до води:

$$a_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{981,5 \cdot 0,6}{0,85} = 694 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

де  $\lambda = 0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності води при  $t = 23,5^\circ\text{C}$ ;

$d = 0,85 \text{ м}$  – внутрішній діаметр нижнього валу гарячого пресу.

Розрахуємо середнє логарифмічне значення температури:

$t_g = 170^\circ\text{C}$  – температура поверхні верхнього валу гарячого пресу;

$t_{n.g.} = 20^\circ\text{C}$  – початкова температура води;

$t_{к.в.} = 27^{\circ}\text{C}$  – кінцева температура води.

Середня різниця температур  $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} > 2$ , тому середнє логарифмічне значення:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{(t_{\delta} - t_{н.в.}) - (t_{\delta} - t_{к.в.})}{\ln \frac{t_{\delta} - t_{н.в.}}{t_{\delta} - t_{к.в.}}} = \frac{(170 - 20) - (170 - 27)}{\ln \frac{170 - 20}{170 - 27}} = 146,44^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі від конденсуючої пари в циліндрі до охолоджуючої води в нижньому валі гарячого пресу.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \left( \frac{\delta_q}{\lambda_q} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{\delta_u}{\lambda_u} \right) + \frac{1}{a_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4000} + \left( \frac{0,040}{50} + \frac{0,0001}{0,6} + \frac{0,003}{0,3} + \frac{0,025}{0,23} + \frac{0,025}{50} \right) + \frac{1}{655}} = 8,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

де  $a_1 = 4000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні циліндра в де конденсується пара;

$\delta_q = 0,04 \text{ м}$  – товщина стінки циліндру;

$\lambda_q = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності сірого чавуну;

$\delta_n = 0,0001 \text{ м}$  – товщина паперового полотна в захваті пресу;

$\lambda_n = 0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності паперового полотна в захваті пресу;

$\delta_c = 0,003 \text{ м}$  – товщина сукна;

$\lambda_c = 0,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності сукна;

$\delta_p = 0,025 \text{ м}$  – товщина гумового покриття валу гарячого пресу;

$\lambda_p = 0,023 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності гумового покриття валу гарячого пресу;

$\delta_u = 0,025 \text{ м}$  – товщина стінки валу гарячого пресу;

$\lambda_u = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності сірого чавуна;

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 40   |



$a_2 = 694 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$  – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні валу до потоку води.

Густина теплового потоку:

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} = 8,2 \cdot 146,44 = 1202 \frac{Bm}{m^2}$$

Тепловий потік від нижнього валу гарячого пресу до води:

$$Q = q \cdot F = q \cdot B \cdot l = 1190 \cdot 4,25 \cdot 0,85 = 4342 \text{ Вт}$$

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі від лоцильного циліндра до охолоджуючої води вала пресу показує, що такий процес охолодження гумового покриття пресового валу не ефективний. Дуже великий термічний опір гумового покриття товщиною 25 мм.

Більш ефективним, очевидно, може бути охолодження вологої гумової поверхні пресового валу потоком повітря.

В процесі пресування в захваті валів пресу зростають тиск і температура. Відпрацьована вода з температурою біля 100°C стікає плівкою по поверхні валу, нагріваючи гумове покриття, в наслідок чого прискорюється руйнування гумової поверхні вала пресу. Крім того, в результаті зростання температури поверхні валу і пресового сукна зменшується градієнт температури в захваті валів преса, що негативно впливає на фільтраційне перенесення водяної пари від гарячої поверхні лоцильного циліндра до поверхні гумованого валу.

Розрахунки показують, що шар гуми створює дуже великий термічний опір і відповідний перепад температур.

В зв'язку з вище указаним запропоновано новий спосіб охолодження валу гарячого пресу шляхом випаровування (сушіння) плівки гарячої води з поверхні валу. На виході із захвату валів плівка на поверхні валу має температуру 90–95°C. При обдуванні такої плівки на гумованій поверхні валу відбувається інтенсивне випаровування води при температурі мокрого термометра 37–45°C.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 41   |

Враховуючи вище сказане, розрахуємо коефіцієнт теплопередачі від пари, що конденсується до гумової поверхні валу гарячого пресу:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{a_{л.ц.}} + \left( \frac{\delta_q}{\lambda_q} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{\delta_c}{c} \right)} =$$

$$\frac{1}{\frac{1}{4000} + \left( \frac{0,040}{50} + \frac{0,0001}{0,6} + \frac{0,003}{0,3} \right)} = 89,2 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Поверхні теплообміну мають постійну температуру, тоді густина теплового потоку, що переноситься на поверхню гумованого валу розраховується за формулою:

$$q_1 = K_1 \cdot \Delta t_{cp} = 89,2(170-50) = 11240 \frac{Вт}{м^2}$$

Тепловий потік:

$$Q_1 = q \cdot F = q \cdot B \cdot l = 11240 \cdot 4,68 \cdot 0,85 = 44710 Вт$$

Теплота з відпресованою водою:

$$Q_2 = G - C (t_1 - t_{м.т.}) = 0,49 \cdot 4,19 (95 - 50) = 92390 \frac{Дж}{с}$$

Витрати води на охолодження випаровуванням:

$$G_6 = \frac{Q}{r_0} = \frac{44710 + 92390}{2380 \cdot 10^3} = 0,058 \frac{кг}{с}$$

де  $r_0$  – питома теплота пароутворення при 50 °С ,  $r_0 = 2380 \frac{кДж}{кг}$

З *ИД* діаграми знаходимо початковий і кінцевий вологовміст повітря, що подається на обдув поверхні валу.

Питома витрата повітря на випаровування 1 кг води:

$$l = \frac{1}{x_1 - x_0} = \frac{1}{0,210 - 0,01} = 5 \frac{кг}{кг}$$

Витрати повітря на обдув валу:

$$L_{нов} = G_6 \cdot l = 0,058 \cdot 5 = 0,25 \frac{кг}{с} (1044 \frac{кг}{год})$$

Об'ємні витрати повітря:

$$V = \frac{L_{пов}}{\rho} = \frac{1044}{1,2} = 870 \frac{м^3}{год}$$

Приймаємо швидкість потоку повітря  $v = 10$  мм.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 42   |

Площа перетину колектора:

$$F_{\text{пер}} = \frac{V}{3600 \cdot \vartheta} = \frac{870}{3600 \cdot 10} = 0,0242 \text{ м}^2$$

Діаметр колектора:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0242}{3,14}} = 0,175 \text{ м}$$

Приймаємо для колектора трубу  $d_{\text{тр}}=200 \text{ мм}$ .

Приймаємо діаметр отворів  $d_{\text{отв}} = 15 \text{ мм}$ .

Площа отвору:

$$f = 0,015^2 \cdot 0,785 = 0,0001766 \text{ м}^2$$

Кількість необхідних отворів:

$$n = \frac{F}{f} = \frac{0,0242}{0,0001766} = 137 \text{ отв.}$$

Довжина перфорованої частини колектора  $l_1 = 4660 \text{ мм}$ .

Крок отворів:

$$K = \frac{l_1}{n} = \frac{4660}{137} = 34 \text{ мм}$$

Висновок: виходячи з розрахунку охолодження поверхні валу гарячого пресу будемо охолоджувати сприском повітря з колектора довжиною 4660 мм, діаметром 200 мм, діаметр отворів в якому 15 мм, таких отворів для охолодження валу необхідно 137 штук.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 43   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |

### 4.3 Розрахунок вала гарячого пресу

#### 4.3.1 Розрахунок на міцність і жорсткість

Розрахункова схема вала гарячого пресу показана на рисунку 4.4

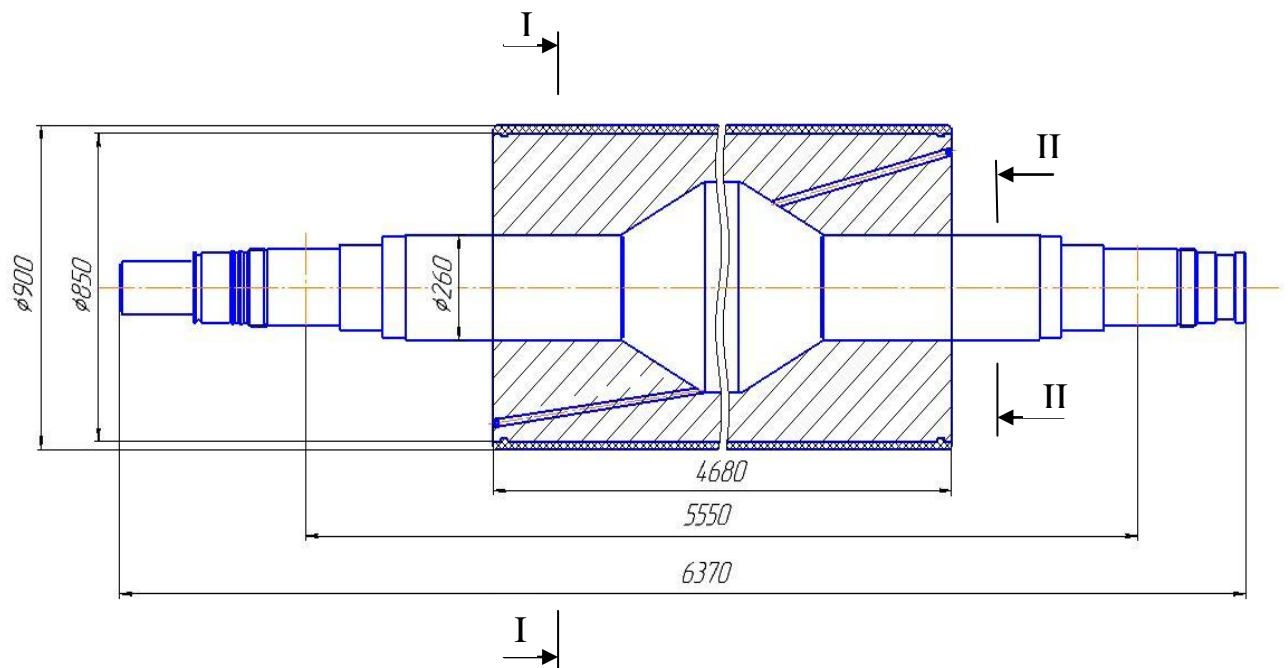


Рисунок 4.3.1 – Розрахункова схема вала гарячого пресу

Мета розрахунку: перевірка конструкції вала гарячого пресу на міцність і жорсткість.

Вихідні дані:

|  |          |
|--|----------|
| Діаметр гумової оболонки валу $D$ , м                    | 0,9      |
| Діаметр металевої оболонки валу $d_{\text{внут}}$ , м    | 0,85     |
| Діаметр цапфи валу $d_{\text{ц}}$ , м                    | 0,26     |
| Довжина валу між осями підшипників $A$ , м               | 5.55     |
| Довжина циліндричної частини валу $L$ , м                | 4,68     |
| Матеріал оболонки валу                                   | СЧ35     |
| Густина сірого чавуна СЧ35, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>   | 7000     |
| Матеріал цапф  | Сталь40Х |
| Густина Сталь 40Х, $\rho_{\text{ц}}$ , кг/м <sup>3</sup> | 7860     |
| Лінійний тиск в захваті валів $q_{\text{л}}$ , кН/м      | 100      |

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в [2].

Схема навантаження показана на рисунку 4.3.2

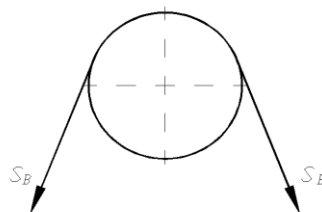


Рисунок 4.3.2 – Схема навантаження

Сила тяжіння цапф валу:

$$G_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2}{4} \cdot l \cdot \rho_{\text{ц}} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,26^2}{4} \cdot 1,32 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 2210 \text{ Н},$$

де  $d_{\text{ц}}$  – діаметр цапфи валу, м;

$l$  – довжина цапфи, м;

$\rho$  – густина матеріалу цапфи, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Сила тяжіння гумової оболонки валу:

$$G_o = \rho \cdot V \cdot g = 1500 \cdot 0,322 \cdot 9,81 = 4738,23 \text{ Н}$$

де  $V$  – об'єм:

$$V = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{внут}}^2}{4} \right) \cdot L = \left( \frac{3,14 \cdot 0,9^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,85^2}{4} \right) \cdot 4,68 = 0,322 \text{ м}^3$$

де  $D$  – зовнішній діаметр оболонки валу, м;

$d_{\text{внут}}$  – внутрішній діаметр оболонки валу, м;

$\rho$  – густина гумової оболонки, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 1500$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Сила тяжіння підшипників валу:

$$G_{\text{п}} = m \cdot g = 24,1 \cdot 9,81 = 236,42 \text{ Н}$$

Об'єм чавунної оболонки валу:

$$V = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{внут}^2}{4} \right) \cdot L =$$

$$= \left( \frac{3.14 \cdot 0.85^2}{4} - \frac{3.14 \cdot 0.55^2}{4} \right) \cdot 4.68 = 0,33 \text{ м}^3$$

Сила тяжіння чавунної оболонки валу:

$$G_o = \rho \cdot V \cdot g = 7000 \cdot 0,33 \cdot 9,81 = 22640,5 \text{ Н}$$

Сила тяжіння пресового валу з підшипниками:

$$G = 2G_{ц} + G_o + 2G_{п} = 2 \cdot 2210 + 22640,5 + 4738,23 + 2 \cdot 236,42 =$$

$$32272 \text{ Н}$$

Інтенсивність навантаження на нижній вал від сили тяжіння валу:

$$q_{\epsilon} = \frac{G}{L} = \frac{32272}{5,55} = 5815 \text{ Н/м}$$

Сумарне навантаження на вал

$$q = q_{л} + q_{\epsilon} = 5815 + 100 \cdot 10^3 = 105815 \text{ Н/м}$$

Момент інерції перерізу I-I оболонки валу:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d_{внут}^4) = \frac{3,14}{64} (0,85^4 - 0,55^4) = 0,002 \text{ м}^4,$$

де  $D$  – зовнішній діаметр валу, м;

$d_{внут}$  – внутрішній діаметр валу, м.

Прогин валу:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot A^4}{384 \cdot E \cdot I} =$$

$$\frac{5 \cdot 105815 \cdot 5,55^4}{384 \cdot 110 \cdot 10^9 \cdot 0,002} = 5,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

де  $E$  – модуль пружності чавуна,  $\text{Н/м}^2$ .

Відносний прогин валу:

$$\xi = \frac{f}{L} = \frac{5,9 \cdot 10^{-4}}{4,68} = 10,7 \cdot 10^{-5}$$

Перевіримо умову жорсткості:

$$\xi \leq [\xi]$$

де  $[\xi] = \frac{1}{3000} \dots \frac{1}{4000}$  – допустимий відносний прогин валу, м [3].

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 46   |

Маємо:

$$10,7 \cdot 10^{-5} \text{ м} < 0,0003 \text{ м}$$

Висновок: умова жорсткості вала гарячого пресу виконується.

Момент опору перерізу I-I оболонки валу:

$$W_1 = \frac{2 \cdot I}{D} = \frac{2 \cdot 0,002}{0,9} = 0,0044 \text{ м}$$

Момент опору перерізу II - II цапфи валу

$$W_2 = 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 0,26^3 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Згинаючий момент у перерізі I-I оболонки валу:

$$M_1 = \frac{q \cdot A^2}{2} = \frac{105815 \cdot 5,55^2}{2} = 16,3 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Згинаючий момент у перерізі II-II цапфи валу:

$$M_2 = \frac{q \cdot A (A - L)}{2} = \frac{105815 \cdot 5,55 \cdot (5,55 - 4,68)}{2} = 2,55 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Напруження при згинанні у перерізі I-I оболонки валу:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{16,3 \cdot 10^5}{0,0044} = 370 \text{ МПа},$$

Умова міцності оболонки валу гарячого пресу:

$$\sigma_1 \leq [\sigma_1]$$

де  $[\sigma] = 400 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу оболонки валу

[4]

Згідно з розрахунків маємо:

$$370 \text{ МПа} < 400 \text{ МПа}$$

Умова міцності оболонки валу гарячого пресу виконується.

Напруження при згинанні у перерізі II-II цапфи валу:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{2,55 \cdot 10^5}{20 \cdot 10^{-4}} = 127,5 \text{ МПа}$$

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    | 47   |

Умова міцності цапф валу гарячого пресу:

$$\sigma_2 \leq [\sigma_2]$$

де  $[\sigma] = 450 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу цапф валу [4].

$$127,5 \text{ МПа} < 200 \text{ МПа}$$

Умова міцності цапф валу гарячого пресу виконується.

Висновок: умова міцності оболонки і цапф валу гарячого пресу виконується. А отже вал задовольняє умову міцності.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 48   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |



#### 4.3.2 Розрахунок вала на критичну кутову швидкість

Метою розрахунку є визначення робочої і критичної кутової швидкості вала та їх порівняння.

Вихідні дані:

|   |                  |
|---|------------------|
| Відстань між центрами підшипників $A$ , м | 5,55             |
| Лінійна швидкість полотна $V$ , м/с       | 20,7             |
| Модуль пружності матеріалу вала $E$ , Па  | $110 \cdot 10^9$ |

Прогин вала під дією сили тяжіння:

$$f = \frac{5 \cdot q_{\text{об}} \cdot A^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 5255.32 \cdot 5.55^4}{384 \cdot 110 \cdot 10^9 \cdot 6.58 \cdot 10^{-3}} = 8.97 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

де  $Q_{\text{об}}$  – сила тяжіння оболонки валу, Н.

Критична кутова швидкість вала:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{f}} = \sqrt{\frac{9.81}{8.97 \cdot 10^{-5}}} = 330.7 \text{ с}^{-1}$$

Робоче число обертів вала:

$$n_p = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{20.7}{3.14 \cdot 0.85} = 7.755 \text{ с}^{-1}$$

Робоча кутова швидкість вала:

$$\omega_p = 2\pi n_p = 2 \cdot 3.14 \cdot 7.755 = 48.7 \text{ с}^{-1}$$

Відношення робочої частоти обертання вала до критичної:

$$E = \frac{\omega_p}{\omega} = \frac{48.7}{330.7} = 0.147$$

Необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

$$E \leq [E],$$

де  $[E] = 0.6$  – допустиме відношення робочої частоти обертання вала до критичної [3].

Маємо:

$$0,147 < 0,6$$

Висновок: розрахункова кутова швидкість менша за допустиме значення, умова відсутності явища резонансу виконується.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 50   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |

#### 4.3.3. Розрахунок і вибір підшипників

Схема підшипника показана на рисунку 4.3.3

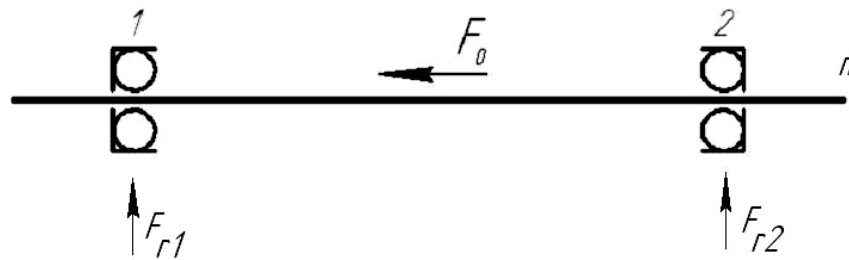


Рисунок 4.3.3 – Схема підшипників в опорах вала

Мета розрахунку: вибір підшипників, що задовольняють умовам довговічності та максимально допустимого навантаження.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною у [3].

Попередньо, за ГОСТ 24696-81. вибираємо підшипники роликові радіально-упорні дворядні з конічними роликами, які мають наступні характеристики: статична вантажопідйомність  $C_0=1530$  кН; динамічна вантажопідйомність  $C=1000$  кН; діаметр зовнішнього кільця  $D=310$  мм; діаметр внутрішнього кільця  $d=200$  мм; ширина підшипника  $B=82$  мм., маса підшипника 24,1 кг.

Перевіримо чи підходить обраний підшипник для даного валу.

На підшипники діє радіальна сила, яку можна розрахувати за формулою:

$$F_R = \frac{P}{2} = \frac{105815}{2} = 52907,5 \text{ Н},$$

де  $P=q$ , Н – сумарне навантаження на вал.

Еквівалентне навантаження на підшипники [3]:

$$P_{екв} = K_v \cdot F_R \cdot K_B \cdot K_T = 1 \cdot 52907,5 \cdot 1 \cdot 1 = 52907,5 \text{ Н},$$

де  $K_v$  – коефіцієнт обертання;

$K_B$  – коефіцієнт безпеки;

$K_T$  – температурний коефіцієнт.

Номінальна довговічність підшипника [3]:

$$L = \left( \frac{C}{P_{екв}} \right)^p = \left( \frac{1000000}{52907,5} \right)^{10/3} = 18000 \text{ млн. об.},$$

де  $C$  – динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

$P_{екв}$  – еквівалентне навантаження на підшипники, Н.

$p$  – ступеневий показник.

Число обертів валу [6]:

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{20,7}{3,14 \cdot 0,9} = 7,325 \text{ с}^{-1}$$

де  $V$  – швидкість картоноробної машини, м/с;

$D$  – діаметр валу, м.

Розрахункова довговічність підшипників повинна бути не менше 100 000 годин. Розрахуємо її значення за формулою [6]:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{3600 \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 1800}{3600 \cdot 7,325} = 380 \text{ 000 год}$$

Висновок: динамічне навантаження менше максимально допустимого, умова довговічності виконується, вибираємо підшипник 3053140Н за ГОСТ 24696-81.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 52   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |

#### 4.4 Розрахунок потужності та вибір двигуна

Розрахункова схема гарячого пресу ПРМ показана на рисунку 4.4

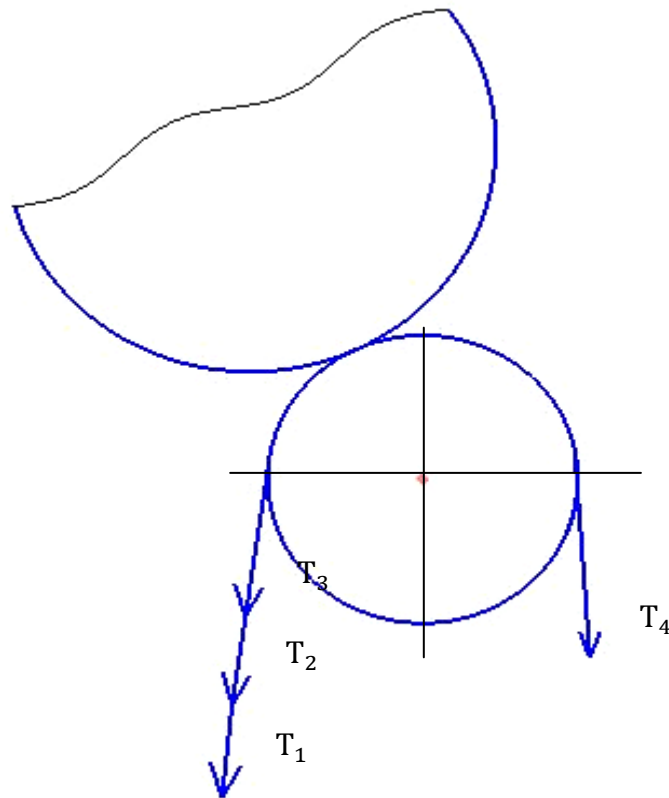


Рисунок 4.4 Розрахункова схема гарячого пресу ПРМ.

Мета розрахунку: визначення потужності приводу гарячого пресу.

Вихідні дані:

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Робоча швидкість машини $V$ , м/с  | 20,7 |
| Діаметр вала $D$ , м               | 0,9  |
| Діаметр цапфи $d_{ц}$ , м          | 0,26 |
| Коефіцієнт тертя в підшипниках $f$ | 0,05 |

Розрахунок потужності приводу преса виконується методом тягових зусиль [2].

Потужність приводу преса, кВт:

$$N = \frac{\sum T \cdot V \cdot K_v \cdot K_m}{1000},$$

де  $\sum T$  – загальне тягове зусилля, Н;

$V$  – робоча швидкість машини, м/с;

$K_v$  – коефіцієнт швидкості;

$K_m$  – коефіцієнт перенавантаження.

Загальне тягове зусилля,  $H$ :

$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3$$

де  $T_1$  – тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках,  $H$ ;

$T_2$  – тягове зусилля на подолання тертя кочення вала,  $H$ ;

$T_3$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера,  $H$ ;

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках валу гарячого пресу,  $H$ :

$$T_1 = q \cdot A \cdot f \cdot \frac{d_y}{D} = 2364,2 \cdot 5,55 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,2}{0,9} = 146 \text{ H.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу,  $H$ :

$$T_2 = 2 \cdot q_n \cdot L \cdot k \cdot \frac{1}{D} = 2 \cdot 100 \cdot 4,68 \cdot 0,015 \cdot \frac{1}{0,9} = 7800 \text{ H,}$$

$k$  – коефіцієнт тертя кочення,  $m$ ;

Тягове зусилля на подолання тертя шабера,  $H$ :

$$T_3 = q_m \cdot b \cdot f_m \cdot n = 300 \cdot 4,68 \cdot 0,25 \cdot 1 = 350 \text{ H,}$$

де  $q_m$  – лінійний тиск між шабером і валом,  $H/m$ ;

$f_m$  – коефіцієнт тертя шабера по валу;

$b$  – довжина лінії дотику шабера і вала,  $m$ ;

$n$  – кількість шаберів.

Сумарне тягове зусилля,  $H$ :

$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3 = 146 + 7800 + 350 = 8300 \text{ H.}$$

Тоді знайдемо величину потужності необхідну на подолання тягового зусилля пресом:

$$N_B = \frac{\sum T \cdot V \cdot K_v \cdot K_m}{1000} = \frac{8300 \cdot 20,7 \cdot 1,3 \cdot 1,04}{1000} = 233 \text{ кВт.}$$

Загальну потужність електродвигуна для приводу вала знаходимо за формулою:

$$N = \frac{N_B}{\eta} = \frac{233}{0.945} = 246 \text{ кВт.}$$

Висновок: розрахована потужність приводу преса становить 246 кВт.

За ГОСТ 19523 – 81, вибираємо двигун 4А355S2У3, який має наступні характеристики: частота обертів вала двигуна  $n=3000$  об/хв; потужність двигуна  $N = 250$  кВт.

|     |      |          |       |      |                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
|     |      |          |       |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |       |      |                    | 55   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата |                    |      |

## 5 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації гарячого пресу

### 5.1 Монтажні роботи

Робота пресової частини ПРМ без обривів та збоїв залежить від точності складання, монтажу, вивірки взаємного положення вузлів та деталей. При розробці робочої документації на машину розробляють спеціальну монтажну документацію у відповідності з галузевим стандартом ОСТ-26-08-2017-92. Вимоги до монтажу та експлуатації частково викладені у кресленнях і складальних вузлах. Монтаж обладнання повинен виконуватись у відповідності з вимогами СНіП 3.05.05-84. Установці вузлів і частин пресової частини повинно передувати виконання повного об'єму будівельних робіт.

Пресова частина ПРМ поставляється із заводу виробника в розібраному вигляді окремими деталями та складальними вузлами. Для монтажу та обслуговування пресової частини, цех в якому вона встановлена, повинен мати мостовий кран, з двома візками, вантажопідйомністю не менше 15 тон кожен. Розпаковку обладнання, яке надходить до місця складання, виконують з урахуванням технологічної послідовності складання пресової частини. Перед монтажем та в процесі монтажу проводять укрупнене складання. Загальним документом яким керуються при укрупненому складанні й монтажі є монтажно-складальні, монтажно-установочні креслення та технічні вимоги заводу виробника, в яких викладені конструктивні і технологічні особливості пресової частини, яка встановлюється.

Схема технологічного процесу монтажу пресової частини складається з наступних основних операцій:

- монтаж опор пресових валів;
- встановлення на проектне місце базового вала пресової частини та вивірки його відносно базового вала ПРМ та її центральної вісі;

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 55   |



- монтаж валу гарячого пресу та вивірка його відносно вивіреного базового вала пресової частини та між собою.

-

## 5.2 Ремонтні роботи

Огляд валу слід здійснювати систематично, через кожні 3 – 4 місяці. При цьому, оглядають головним чином підшипники, сприски, гуміровку та інше.

Загальні ремонтні роботи для ПРМ і пресової частини здійснюють такими етапами:

- огляд та ремонт ручних і автоматичних механізмів правки й натяжки пресових сукон;
- заміна лез шаберів пресових валів;
- заміна підшипників валів в капітальний ремонт.

Довговічність роботи підшипників на сучасних картоноробних машинах в багато чому залежить від якості та своєчасності їх змазування. Корпуси підшипників повинні мати лабіринт не ущільнення, яке запобігає потраплянню води в підшипник і витіканню мастила. Для підшипників, які мають таке ущільнення доцільна періодична заміна мастила.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 56   |

## 6 Очікувані техніко-економічні показники

### 6.1 Обґрунтування необхідності модернізації обладнання

У зв'язку з великими темпами розвитку хімічної промисловості, найголовнішим завданням є розробка досконалих конструкцій апаратів, ефективного обладнання, що інтенсифікують виробничі процеси, а також нагально вирішують проблеми ресурсо- та енергозбереження.

Розвиток целюлозно-паперової промисловості України в умовах ринку та жорсткої конкуренції передбачає реконструкцію застарілих виробництв, модернізацію фізично і морально зношених папероробних машин і апаратів, а також розробку нового високоефективного енергозберігаючого обладнання, яке може виробляти конкурентоздатну продукцію.

Оскільки зневоднювання паперового полотна пресуванням у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднювання сушінням, то на сьогоднішній день велика увага приділяється удосконалюванню конструкції пресів з метою одержання після них сухості полотна, близької до теоретично можливої і досягнутої методом віджимання [1].

До переваг існуючої конструкції пресової частини папероробної машини слід віднести високу інтенсивність процесу зневоднення паперового полотна та відсутність вірогідності розриву останнього.

До недоліків існуючої конструкції можна віднести низький термін служби гумового покриття валу гарячого пресу. Вал потребує заміну кожних 2 роки. На протязі між плановими і капітальними ремонтами потрібно замінювати вал 5 разів. Кожна заміна вала коштує 950 тис. грн.

Модернізація другого гарячого пресу полягає в розробці системи охолодження вала гарячого пресу, що збільшить термін експлуатації гумованого вала до 10 років і підвищить інтенсифікацію процесу пресування.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 57   |

З економічної точки зору модернізація має забезпечити :

- ресурсозбереження;
- підвищення якості продукції;
- підвищення продуктивності;
- зменшення енергозатрат;
- збільшення міжремонтного пробігу валу до 10 років.

Основні очікувані техніко-економічні показники базової та вдосконаленої пресової частини подано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні показники базового та вдосконаленого гарячого пресу папероробної машини

| Показник                               | Одиниця  | Гарячий прес |                |
|--|----------|--------------|----------------|
|  |          | базовий      | модернізований |
| Зайнята площа                          | $m^2$    | 58           | 58             |
| Годинна продуктивність                 | $kg/god$ | 8500         | 8950           |
| Продуктивність за рік                  | $t/рік$  | 71400        | 75180          |
| Швидкість машини                       | $m/c$    | 13,3         | 20,7           |
| Сухість паперового полотна після пресу | %        | 40           | 56             |
| Встановлена потужність                 | $kWt$    | 120          | 160            |
| Маса                                   | $t$      | 180          | 180            |
| Норма обслуговування                   | $чол.$   | 3            | 3              |

## 6.2 Розрахунок ефективності на проведення модернізації устаткування

З точки зору економічної доцільності здійснювати модернізацію обладнання краще під час його капітального ремонту, адже будь які прості обладнання – це втрата часу, що слідує втраті прибутку. Зазвичай витрати на модернізацію в целюлозно-паперовій промисловості не займають і половини вартості нового обладнання, а продуктивність збільшується в районі 10-15%.

Проведення модернізації обладнання, загальні витрати можна поділити на такі елементи:

- матеріальна складова (витрати на матеріали та сировину, енергозатрати та комплектуючі обладнання задіяні для виконання модернізації);
- оплата праці (заробітна плата співробітників конструкторського бюро, виплата заробітної плати співробітникам, які безпосередньо виконують роботи по модернізації, вирахування на соціальне страхування);
- амортизація основних витрат;
- додаткові види витрат.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [23].

Величина витрат для проведення модернізації обладнання становить:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K_i = 950\,000 \cdot 0,08 = 64\,000 \text{ грн},$$

де  $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} = 800$  тис. грн. – первісна (відновлена) вартість устаткування, згідно даних підприємства на якому працює обладнання, яке підлягає модернізації,

$K_i = 0,08$  – коефіцієнт витрат на модернізацію, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації.

Обладнання, що підлягало модернізації, в основному вимагає більших поточних витрат у порівнянні з аналогом.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 59   |

Це зумовлено наступними факторами:

- витрати на мастильні матеріали;
- виготовлення або купівля необхідних частин, деталей або допоміжного обладнання;
- витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу;
- інші допоміжні експлуатаційні затрати.

Опираючись на практичні данні з виробництв целюлозо-паперового машинобудування можемо порахувати величину перевищення поточних витрат порівнюючи з аналогічним обладнанням:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 0,06 \cdot 950000 - 0,04 \cdot 800000 = 25\,000 \text{ грн},$$

де  $q_{b_i} = 0,06$  – коефіцієнт (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації;

$q_{b_n} = 0,04$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 800$  тис. грн – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування (згідно інтернет ресурсу) [17].

Розрахуємо коефіцієнт ефективності модернізованого обладнання до аналогічного:

$$\alpha = \frac{m_i}{m_{\text{нов}}} = \frac{950000}{800000} = 1,2$$

де  $m_i = 0,65$  – продуктивність або інакший важливий показник, котрий характеризує роботу устаткування, модернізованого обладнання;

$m_{\text{нов}} = 0,64$  – продуктивність або інакший важливий показник, котрий характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 60   |

Важливим показником для оцінки техніко-економічної доцільності є зменшення числа замін вала за проміжок часу між капітальними ремонтами.

Розрахуємо коефіцієнт, що показує відношення тривалості ремонтних циклів модернізованого обладнання до нового аналогічного:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{10}{2} = 5,$$

де  $T_{\text{мод}} = 2$  роки – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає заміні;

$T_{\text{нов}} = 10$  років – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

В даному випадку під тривалістю робочого циклу ми розуміємо певний період між двома капітальними ремонтами обладнання, або купівля та заміна на нове обладнання.

Для підведення висновків щодо доцільності модернізації необхідно розрахувати коефіцієнт ефективності витрат. Отримавши величину, потрібно звірити її з показниками, наведеними в таблиці 8.2.

Таблиця 8. 2. Значення коефіцієнту ефективності витрат на модернізацію

| Величина коефіцієнта $n_{p_i}$ | Доцільність модернізації обладнання   |
|--------------------------------|---|
| $n_{p_i} > 0$                  | В даному випадку модернізація є доцільною.  |
| $n_{p_i} < 0$                  | В даному випадку модернізація обладнання буде затратною, доцільно придбати нове обладнання. |
| $n_{p_i} = 0$                  | Для вирішення необхідності модернізації потрібні допоміжні фактори.                         |

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_i}} = 1 - \frac{64000 + 25000}{950000 \cdot 1,2 \cdot 5 + 1000} = 0,98,$$

де  $M_i = 64000$  грн – сукупні витрати на проведення модернізації устаткування;

$S_{e_i} = 25000$  грн – перевищення експлуатаційних витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

$K_{H_i} = 950000$  грн – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

$\alpha = 1,2$  – коефіцієнт співвідношення маси рулону модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta = 5$  – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{a_i} = 1000$  грн – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Перевіримо умову доцільності модернізації:

$$n_{pi} > 0,$$

$$0,98 > 0.$$

Умова доцільності виконується.

Висновок: оскільки коефіцієнт ефективності  $n_{pi} > 0$ , то дана модернізація гарячого пресу папероробної машини є доцільною з техніко-економічної сторони.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 62   |

## Висновок

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему: «Модернізація другого гарячого пресу папероробної машини» на основі аналізу літературних і патентних джерел правильно встановлені лімітуючі стадії процесу охолодження гумового покриття пресових валів. Запропонований принципово новий процес охолодження шляхом випаровування поверхневої вологи. Надійність розробленої системи охолодження підтверджена розрахунками нового процесу. На основі розрахунків розроблене спеціальне обладнання для охолодження валу гарячого пресу.

Робота включає розрахунково-пояснювальну записку яка містить опис призначення та галузі застосування, технічну характеристику та вибір і описання конструкції гарячого пресу. Для обґрунтованого вибору конструкції проведений патентний пошук та порівняння обраної конструкції з аналогами.

Проведені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції. Складений матеріальний баланс та розрахована сухість паперового полотна після пресування. Виконаний розрахунок валу гарячого пресу на жорсткість, міцність та критичну швидкість. Розраховані і вибрані підшипники. Розрахована потужність приводу. Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Графічна частина проекту включає креслення формату А0, що містить складальне креслення другого гарячого пресу, креслення формату А1, що містить креслення установки валу гарячого пресу, креслення формату А1, що містить складальне креслення вала гарячого пресу, креслення формату А3, що містить креслення оболонки валу гарячого пресу, креслення формату А3, що містить цапфу приводну валу, креслення формату А3, що містить цапфу лицьову валу, креслення формату А3, що містить кришку підшипника.

До складальних креслень складені специфікації.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 65   |



Також наведені рекомендації щодо монтажу та експлуатації розробленого апарата і рівень стандартизації та уніфікації.

Патенти на корисні моделі та винаходи:

1. Заявка на корисну модель № u 2019 02499 " Гарячий прес папероробної машини". Дата подання заявки 14 березня 2019 року.

Тези і матеріали наукових конференцій:

2. Пінчук Ю. А. Конструкція пресової частини папероробної машини / Пінчук Ю. А., Марчевський В. М. // Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів: Тези доповідей XXIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.

Київ. - 2018. - С.63-64.

3. Пінчук Ю. А. Гарячий прес папероробної машини / Пінчук Ю. А., Марчевський В. М. // Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів: Тези доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. - Київ. - 2019. - С. 62-63.

4. Пінчук Ю. А. Вдосконалення пресів папероробної машини / Пінчук Ю. А., Марчевський В. М. // Тези доповідей VII міжнародної інтернет - конференції «Сучасний рух науки» . – Дніпро – 2019.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 66   |

## Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация второго горячего пресса бумагоделательной машины» на основании анализа литературных и патентных источников правильно установлены лимитирующие стадии процесса охлаждения резиновых покрытий прессовых валов. Предложено принципиально новый процесс охлаждения путем испарения поверхностной влаги. Надежность разработанной системы охлаждения подтверждена расчетами нового процесса. На основании расчетов разработано необходимое оборудование для процесса охлаждения.

Проект включает расчетно-пояснительную записку содержащей описание назначения и области применения, техническую характеристику, выбор и описание конструкции горячего пресса. Для обоснованного выбора конструкции проведен патентный поиск и сравнение выбранной конструкции с аналогами.

Проведенные расчеты, которые подтверждают работоспособность и надежность конструкции. Составленный материальный баланс и рассчитана сухость бумажного полотна после прессования. Выполнены расчеты вала горячего пресса на жесткость, прочность и критическую скорость. Рассчитано и выбрано подшипники. Рассчитана мощность двигателя. Расчеты на прочность выполнены согласно действующим государственным и отраслевым стандартам.

Графическая документация проекта включает чертеж формата A0, что содержит сборочный чертеж модернизации второго горячего пресса, чертеж формата A1, содержащий установку второго горячего пресса, чертеж формата A1, что содержит сборочный чертеж вала горячего пресса, чертеж формата A3, что содержит чертеж цапфы приводной, чертеж формата A3, что содержит цапфулицевую, чертеж формата A3, что содержит оболочку вала горячего пресса, чертеж формата A3, что содержит крышку подшипника; чертеж формата A3 содержащий конструкцию воздушного коллектора.

К сборочным чертежам составлены спецификации.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 67   |

Приведены рекомендации по монтажу и эксплуатации разработанного прессы и уровень стандартизации и унификации.

Патенты на модели и изобретения:

1. Заявка на полезную модель № u 2019 02499 «Горячий пресс бумагоделательной машины». Дата подачи заявки 14 марта 2019 года.

Тезы и материалы научных конференций:

2. Пинчук Ю. А. Конструкция прессовой части бумагоделательной машины / Пинчук Ю. А., Марчевский В. М.// Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов. Тезы докладов XXIII всеукраинской научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Киев – 2018. –С.63-64.

3. Пинчук Ю. А. Горячий пресс бумагоделательной машины / Пинчук Ю. А., Марчевский В. М.// Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов. Тезы докладов XXIV научно - практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Киев – 2019. –С.62.

4. Пинчук Ю. А., Марчевский В. М. Усовершенствование прессов бумагоделательной машины // Тезиси VII международной интернет –конференции «Современное движение науки» – г. Днепр – 2019 год.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 68   |

## CONCLUSION

In the Bachelor Diploma project on the theme: “Modernization of the second hot press of paper machine”, the second hot press of paper machine has been developed.

The work includes a calculation explanatory note which has a description, technological scheme, technical characteristic choice and the design description of the slitter machine. A patent search and comparison of chosen design with analogones have been conducted.

Calculations have been, which confirm efficiency and reliability of the construction. Material balance has been made up and expected dryness of paper after pressing has been calculated. Calculations of hot press roll on inflexibility, durability and stalling speed have been executed. Bearings have been calculated and selected. Engine power has been calculated. Calculations on durability are executed in accordance with existing government and industry standards.

Graphic part of the project includes drawings of A0 format, which show assembling drawing of the second hot press, drawing of A1 format, which shows the desing drawing of the hot press roll installation, drawing of A1 format, which shows a assembling drawing of a hot press roll, drawing of A3 format, which shows a drawing a shell shaft, drawing A3 format, which shows drawing pin engine, drawing of A3 format, which is a drawing of a front pin, drawing of A3 format, which is a drawing of a bearings cap. These composing drawings have specifications.

Recommendations for assembling and exploitation of the designed project and level of standardization and unification have been given.

During the project implementation period the request for utility model № u 2019 02499, and has been made two reports have been published at “XXIII and XXIV Ukrainian Scientific Conference of Students and Young Scientists”. In addition the thesis based on the of the project has been published at VII international scientific internet conference “Modern movement of science”.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## Перелік посилань

1. Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Том 2. Бумагоделательные машины / В.А. Чичаев - М.: Лесная промышленность. 1991. - 264 с.
2. Эйдли И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины / И.Я. Эйдли - М.: Лесная промышленность 1970.- 624 с.
3. УПК. Свойства полиуретанов [Электронный ресурс] : <http://www.upkomplekt.ru/articles/1/> (17 листоп. 2014 р.)
4. Voith GmbH. Papermaking industry. Rebuilds [Электронный ресурс] : <http://voith.com/en/markets-industries/industries/paper/rebuilds-12513.html> (23 жовт. 2014 р.)
5. Parcel. Бумагоделательные машины [Электронный ресурс] : <http://www.parcel.ru/produkty/bumagodelatelnie-mashiny> (23 жовт. 2014 р.)
6. Новиков Н. Е. Пресс бумагоделательной машины / Н. Е. Новиков, А. И. Подковырин, В. М. Бобтенков, А. П. Фомин, Г. И. Цирельсон, Н. В. Сергеева, О. П. Дроздов, Ф. М. Бусыгин, М. В. Аввакумов.// Патент № 3336795; Опубл. 28.02.83
7. Карвинен М. М. Прессовая часть бумагоделательной машины/ М. Карвинен, Й. Лаапотти. – Заявка № 3645985; Опубл. 23.09.87
8. Бобтенков В. М. Пресс бумагоделательной машины / В. М. Бобтенков, Н. Е. Новиков, В. А. Бабагин, А. А. Старостин, В. А. Ершов // Патент № 4449920; Опубл. 30.09.90
9. Новиков Н. Е. Пресс бумагоделательной машины / Н. Е. Новиков, А. И. Подковырин, В. М. Бобтенков, А. П. Фомин, Г. И. Цирельсон, Н. В. Сергеева, О. П. Дроздов, Ф. М. Бусыгин, М. В. Аввакумов.// Патент № 3324249; Опубл. 07.01.83

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 70   |

10. Марчевський В.М. Алгоритм розрахунку пресів папероробної машини: метод. вказ. / В.М. Марчевський, О.Л. Свечков – Київ : НТУУ ”КПІ”, 2003.– 20 с.
11. Швецов Ю.Н. Расчет основных параметров бумаго- и картоноделательных машин: учебно-метод. пособие / Ю.Н. Швецов, Э.А. Смирнова – СПб.: СПбГТУРП, 2009. – 66 с.
12. Справочник механика целлюлозно-бумажного предприятия / под общ. ред. М.И.Калинина - М.: Лесная промышленность. 1986. - 552 с.
13. Киркач Н.Ф. Расчет деталей машин: учебное пособие для технических вузов / Н.Ф. Киркач, Р.А. Баласанян– Харьков: Основа, 1991.– 276 с.
14. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя / В.И.Анурьев – М.: Машиностроение, 1978.– 728 с.
15. Практикум із охорони праці / Жидецький В.Ц, Джигірей В.С, та інш. – Л.: Афіша, 2000. - 352с.
16. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
17. ДСН 3.3.6.039-99 Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
19. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
20. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
21. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы.
22. СНиП 2.09.02-85 Производственные здания.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛБ51.705441.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 71   |